



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
RECINTO UNIVERSITARIO "SIMÓN BOLÍVAR"  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

INFORME FINAL DE TRABAJO MONOGRAFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA

**"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIOS  
PARA LA ASIGNATURA DE SISTEMA DE MEDICIÓN QUE  
CONTRIBUYAN AL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN LOS  
ESTUDIANTES EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA."**

**AUTOR:**

**Br. Eliar Enoc Rizo Landero**

**TUTOR:**

**Ing. Alvaro Antonio Gaitán**

**Noviembre, 2014  
Managua, Nicaragua**

## **DEDICATORIA**

A mi mamá y papá por su esfuerzo y apoyo incondicional,  
brindándome las mejores lecciones para la formación de mí ser.

A mis hermanos por toda su confianza que han puesto en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tutor, el Ing. Álvaro Antonio Gaitán por brindarme su apoyo y confianza en todo este proceso de realización del trabajo monográfico.

Un agradecimiento muy especial a todos los estudiantes del curso de Sistema de Medición del primer semestre 2014 que hicieron posible la realización de este trabajo monográfico y por la cual tuve una experiencia muy acogedora.

A los estudiantes Kevin Putoy y Juan Laguna que también fueron partícipes en el desarrollo de las guías de laboratorio.

Agradezco a aquellos docentes que contribuyeron a mi formación personal y profesional.

## RESUMEN

El trabajo monográfico tiene el propósito de brindar una alternativa de enseñanza – aprendizaje al inconveniente que presenta la asignatura de Sistema de Medición de la carrera de ingeniería electrónica, la cual radica en la deficiencia de las guías de laboratorios vigentes debido a que todo su material didáctico está enfocado a la enseñanza de la plataforma de programación gráfica LabVIEW. Por lo tanto, se tomó la iniciativa de elaborar un proyecto de investigación-acción que consiste en el diseño e implementación de guías de laboratorios para la asignatura de Sistema de Medición contribuyendo al aprendizaje significativo en los estudiantes en ingeniería electrónica.

Para el análisis de la problemática se recolectó información de documentos archivados en el departamento de electrónica relacionado con las guías de laboratorios utilizadas hasta la fecha, la aplicación de encuestas a los estudiantes que cursaron la asignatura de Sistema de Medición y entrevistas a docentes del departamento electrónica que impartieron la asignatura.

Se diseñó cinco guías de laboratorios que abarcan el principio de funcionamiento de los distintos elementos que constituyen un sistema de medición y adquisición de datos a través de la implementación de guías de laboratorio de montaje y de simulación. Las guías de laboratorio poseen actividades de desarrollo práctico y de análisis apoyado de un marco teórico que provee de la teoría esencial para la realización de las actividades indicadas en la guía.

Están enfocadas en analizar las características y funcionamiento de la RTD y termocupla como elemento sensor para la medición de temperatura, la utilidad del puente de Wheastone y del Amplificador de Instrumentación como elemento convertidor y procesador de variable que en conjunto de las funciones que brinda el microcontrolador PIC16F877A se analiza el elemento presentación de la señal en un Sistema de Medición y el desarrollo de un sistema de adquisición de datos utilizando la plataforma de programación LabVIEW.

Para la ejecución del presente trabajo monográfico se optó seguir el modelo ADDIE (*Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación*) para el desarrollo de todas las etapas propuesta del proyecto de investigación – acción. Como resultado se obtuvo un conjunto de guías de laboratorio enfocado en la promoción del aprendizaje significativo en los estudiantes que cursaron la asignatura de Sistema de Medición.

## ÍNDICE

Introducción .....	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos .....	2
Justificación .....	3
Capítulo I. Marco Teórico.....	4
1.    Sensores y transductores.....	4
1.2.    Tipos de sensores.....	4
1.3.    Características de los sensores. ....	7
2.    Sensores resistivos.....	15
2.1.    Detectores de Temperatura Resistivos (RTD).....	16
2.2.    Termocuplas.....	19
3.    Elementos convertidor y procesador de señal. ....	25
3.1. El puente de Wheastone. ....	26
3.2.    El amplificador de instrumentación. ....	28
4.    Proteus VSM.....	30
5.    LabVIEW para la adquisición de datos. ....	31
6.    SPSS Statistics .....	32
7.    El aprendizaje significativo. ....	33
7.1. Requisitos para lograr el Aprendizaje Significativo (Dávila, 2000). ....	34
8.    Test de Kolb (Fernández, 2014). ....	34
8.1. Estilo de aprendizaje convergente. ....	35
8.2.    Estilo de aprendizaje divergente. ....	36
8.3.    Estilo de aprendizaje asimilador.....	36
8.4.    Estilo de aprendizaje acomodador. ....	36
Capítulo II. Análisis y Presentación de los Resultados .....	37
1.    Diseño Metodológico. ....	37
1.1.    Encuesta aplicada a los estudiantes que cursaron la asignatura de Sistema de Medición. ....	38
1.2.    Prueba diagnóstica sobre los conocimientos previos.....	38

1.3.	Test de Kolb. ....	39
1.4.	Entrevista.....	39
1.5.	Encuesta final.....	39
1.6.	Software estadístico SPSS.....	42
1.7.	El sensor RTD. ....	42
1.8.	El sensor Termocupla tipo “K”. ....	42
1.9.	Software de simulación Proteus 8 Professional. ....	43
1.10.	El puente de Wheastone. ....	43
1.11.	El amplificador de instrumentación. ....	43
1.12.	Plataforma de programación LabVIEW.....	43
2.	Diseño. ....	44
2.1.	Encuestas aplicadas a los estudiantes que cursaron la asignatura de Sistemas de Medición en el periodo 2010-2013 .....	44
2.2.	Prueba diagnóstica sobre los conocimientos previos.....	47
2.3.	Test de Kolb. ....	50
2.4.	Entrevistas a docentes que impartieron la asignatura de Sistema de Medición entre el periodo 2007-2013.....	51
2.5.	Diseño de guías de laboratorios.....	52
3.	Implementación de las guías de laboratorios. ....	57
3.1.	Laboratorio 1. Primer diseño: <i>Analizar las características estáticas y dinámicas de los instrumentos de medición utilizando una RTD como instrumento de medición para la temperatura.</i> .....	58
3.2.	Laboratorio 1. Segundo diseño: <i>Características estáticas y dinámicas de los sensores utilizando una RTD como instrumento de medición para la temperatura.</i> .....	60
3.3.	Laboratorio 2: <i>Elemento convertidor y procesador de variable.</i> .....	63
3.4.	Laboratorio 3: <i>Medición de temperatura utilizando la termocupla.</i> .....	68
3.5.	Laboratorio 4: <i>Presentación de la variable de medición.</i> .....	72
3.6.	Laboratorio 5: <i>LabVIEW para el diseño de sistemas de adquisición de datos mediante la programación de VIs.</i> .....	76
3.7.	Implementación de las guías en el grupo 4T2-Eo. ....	79
4.	Evaluación de resultados. ....	83

4.1. Resultados de la encuesta final aplicados a los estudiantes del grupo 4T1-Eo.....	83
4.2. Encuesta final aplicada a los estudiantes del grupo 4T2-Eo. ....	93
4.3. Encuesta final aplicada a los estudiantes del grupo 4N1-Eo. ....	101
Capítulo III. Conclusiones y Recomendaciones.....	111
1. Conclusiones.....	111
2. Recomendaciones .....	112
Bibliografía.....	113
Anexos .....	115



## INTRODUCCIÓN

En este documento se describe el desarrollo del trabajo monográfico, los objetivos planteados, incluye las herramientas teóricas que se necesitaron para la ejecución del proyecto, los resultados obtenidos a través de la aplicación instrumentos para el proceso de desarrollo del trabajo en cuestión.

El trabajo monográfico consiste en el diseño e implementación de guías de laboratorios para la asignatura de Sistema de Medición. En éstas guías se abordaron actividades que demostraron los principios de funcionamientos de cada uno de los elementos de los sistemas de medición (sensor, elemento convertidor, procesamiento de la señal, presentación de la variable y adquisición de datos). El conjunto de guías de laboratorios comprenden el comportamiento del proceso de medición de una determinada variable física y el desarrollo de habilidades profesionales en el área de instrumentación electrónica.

Estas guías se diseñaron con el propósito de que el estudiante obtenga un aprendizaje significativo de los contenidos abordados en cada una de las prácticas de laboratorios realizadas, permitiendo el desarrollo de habilidades y destrezas necesarias para su campo laboral en la industria nicaragüense y en aquellas empresas dedicadas a la instrumentación electrónica.

El desarrollo del trabajo monográfico se realizó con la participación de los estudiantes de los grupos 4T1-Eo, 4T2-Eo y 4N1-Eo. Primeramente, se aplicaron encuestas a los estudiantes para determinar sus conocimientos previos y estilos de aprendizaje. Los resultados de las encuestas se utilizaron como insumos para el diseño de las guías de laboratorios. Seguidamente, se implementaron las guías de laboratorio; en esta etapa se evaluó el desempeño de los estudiantes y mejoras de oportunas de las guías en función al desempeño de ellos. Por último, se evaluó el logro obtenido de las prácticas de laboratorio mediante la aplicación de una encuesta al final del curso.

## **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar guías de laboratorios para la asignatura de Sistemas de Medición tomando en cuenta los parámetros que distinguen a cada elemento de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos, que contribuyan al fortalecimiento del proceso de enseñanza – aprendizaje en los estudiantes.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Realizar un estudio del arte de las guías de laboratorios existentes y del programa de asignatura determinando la base teórica necesaria de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos para implementarlos en el diseño de las guías de laboratorios.
2. Analizar los conocimientos previos y estilos de aprendizajes de los estudiantes del curso de Sistema de Medición de la carrera de Ingeniería Electrónica del año 2014 aplicando encuestas que serán procesadas mediante el software estadístico SPSS y utilizadas como insumos para el diseño de las guías de laboratorios.
3. Proponer cinco guías de laboratorios para la asignatura de Sistemas de Medición promoviendo el desarrollo del aprendizaje significativo tomando en cuenta los resultados del análisis de los conocimientos previos y estilos de aprendizajes de los estudiantes del curso de Sistemas de Medición del año 2014.
4. Aplicar las guías de laboratorios de la asignatura de Sistemas de Medición a los estudiantes de los grupos 4T1-Eo, 4T2-Eo y 4N1-Eo tomando en cuenta la instrucción de dos docentes que poseen distintas metodología de enseñanza – aprendizaje analizando el desempeño de los estudiantes durante el proceso de desarrollo de los laboratorios.
5. Evaluar el desempeño de las prácticas desarrolladas con las cinco guías de laboratorios comparando los resultados obtenidos en los grupos 4T1-Eo, 4T2-Eo y 4N1-Eo, a través de encuestas realizadas al final del curso de Sistema de Medición.

## JUSTIFICACIÓN

En la asignatura de Sistema de Medición se abordan prácticas de laboratorios utilizando una serie de guías donde su contenido está enfocada al aprendizaje y diseño de entornos virtuales utilizando la plataforma de programación LabView para simular los sistemas de adquisición de datos mediante el lenguaje de programación G.

Debido a la importancia que presenta la asignatura de Sistema de Medición en el campo de instrumentación, los estudiantes necesitan desarrollar habilidades que les permitan desempeñarse en este campo. Una forma es a través de la realización de prácticas de laboratorios que abarquen los contenidos fundamentales establecidos en el programa de asignatura.

En base a los resultados de encuestas realizadas a estudiantes que cursaron la asignatura en el periodo 2010 - 2013, el 73% de los encuestados plantearon que los laboratorios deben de estar enfocados al desarrollo de destrezas y habilidades utilizando dispositivos físicos, que permitan a los estudiantes analizar los principios que abarcan los Sistemas de Medición.

De acuerdo a entrevistas realizadas a docentes que han impartido el curso expresaron que en los últimos dos años los estudiantes mostraron desmotivación a la realización de las prácticas de laboratorio, ya que éstas sólo se han basados en software de simulación; pues desde el 2011 al 2013 solamente están disponibles las guías de LabView, debido al agotamiento de componentes utilizados en semestres anteriores.

Por este motivo surge el interés de diseñar e implementar guías de laboratorios que afiancen los contenidos de la asignatura de Sistemas de Medición a través de actividades de análisis y comprensión que demuestran los principios de funcionamientos de cada uno de los elementos de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos (sensor, elemento convertidor, procesamiento de la señal, presentación de la variable física y adquisición de datos), con el objetivo de que el estudiante adquiera un aprendizaje significativo de los Sistemas de Medición al momento en que están realizando cada una de las prácticas de laboratorios de montaje y de LabVIEW.

## CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

### 1. Sensores y transductores.

Un transductor es un dispositivo que convierte una forma de energía o magnitud física en otra, de acuerdo a ciertas características que la definen. Normalmente cuando el transductor está como elemento que responde directamente a la medición de una cantidad física y que forma parte de un sistema de control o instrumentación, entonces el transductor es considerado frecuentemente como un sensor (Park & Mackay, 2003).

Los sensores tienen la característica de monitorear el comportamiento de las magnitudes físicas en su entrada y brindar en su salida el equivalente a una señal eléctrica, que puede ser manipulada luego de cumplir ciertos requisitos para satisfacer necesidades en aplicaciones del control electrónico o proceso industrial.

#### 1.2. Tipos de sensores.

##### *a) Sensores analógicos y sensores digitales.*

Según la forma de su señal de salida los sensores pueden ser analógicos o digitales. El acondicionamiento de la señal de salida de los sensores digitales es mucho más simple que la de los analógicos, pero son pocos los dispositivos capaces de dar directamente una salida digital en respuesta a una magnitud física de entrada (Pallás, 1993).

##### *b) Sensores moduladores y sensores generadores.*

Otra forma de clasificar los sensores, en particular los analógicos, es según necesiten o no un aporte de energía de alimentación para efectuar la transducción. Sin la necesitan se denominan sensores moduladores, por cuanto la magnitud medida modifica o «modula» la alimentación suministrada; la mayor parte de la energía de la salida procede entonces de la alimentación auxiliar. Los sensores que no necesitan alimentación auxiliar se califican como generadores y la energía de su señal de salida procede del sistema o proceso donde se mide (Pallás, 1993).

Atendiendo a su señal de salida los sensores generadores se pueden dividir en los que generan una tensión y los que generan una corriente o carga eléctrica. En el primer grupo están los termopares y los electrodos para medir concentraciones de iones (el pH, por ejemplo). En el segundo grupo está los sensores piezoeléctricos y piroeléctricos (ver tabla). Los primeros responden a la deformación mientras los segundos responden a los cambios de temperatura (Pallás, 1993).

**Tabla 1.1.** Tipos de sensores (analógicos).

<i>Tipo de magnitud medida</i>					
	<b>Mecánica</b>	<b>Térmica</b>	<b>Magnética</b>	<b>Óptica</b>	<b>Química</b>
Generadores	Piezoeléctricos	Termopares Piroeléctricos		Fotovoltaicos	Electrodos
Moduladores Resistivos	Galgas extenso- métricas. Potenciómetro	RTD Termistores	Magnetorre- sistencias	LDR	Humistores
Capacitivos	Condensador variable. Condensador diferencial.				
Inductivos LVDT	Inductancia variable. Sensores corriente Foucault. Sincros, resolvers. Inductosyn				
Electromag- Néticos	Sensores basados en la ley de Faraday		Sensores de efecto Hall		
Unión semi- conductor		Conv. T/I	Magnetotrans.	Fotodiodos Fototransistores	ISFET
Radiación: Fibras ópticas. Ultrasonidos					

*Fuente: (Pallás, 1993)*

La mayoría de los sensores se basan en la variación de la impedancia eléctrica de un conductor o semiconductor en respuesta de un cambio en la magnitud detectada que puede afectar las propiedades del material, la geometría o ambas cosas.

Si el cambio se produce en la parte real de la impedancia, se tiene un sensor resistivo. Si el cambio se produce en la parte imaginaria, se tiene un sensor capacitivo o uno inductivo según sea la fase, respecto a una tensión de alimentación de referencia, sea, respectivamente, negativa o positiva (Pallás, 1993).

**Tabla 1.2.** Características de los sensores.

Sensor	Composición física.	Respuesta ante la medición de una magnitud física.
Galgas extensiométricas	Resistencias de aleaciones conductoras y semiconductoras	Cambio de valor ante una fuerza que las deforme.
RTD (Resistance Temperature Detectors)	Resistencias de material conductor (platino, níquel, cobre)	Cambio de valor con a la temperatura.
Termistores	Resistencias basadas en mezclas de semiconductores	Variación muy fuerte, y no lineal, con la temperatura.
Magnetorresistores	Resistencias de semiconductor	Cambio de valor en presencia de un campo magnético.
LDR (Light Dependent Resistors)	Resistencias semiconductoras	Cambio de valor con la luz incidente.
Humistores	Resistencias semiconductoras	Cambio de valor según sea la humedad.
Sensores capacitivos e inductivos	Dieléctricos. Ferromagnéticos.	Provoca un cambio en la geometría (distancia entre placas, posición de un núcleo) o en el material (dieléctrico, ferromagnético).
Transformadores diferenciales con variación lineal (LVDT)	Transformadores con un primario y dos secundarios, acoplados mediante un núcleo ferromagnético móvil.	Desplazamiento del material ferromagnético hacia uno de los secundarios originando un valor de tensión.
Sincros, resolvers e inductosyn	Transformadores variables con un devanado fijo y otros devanados de desplazamientos.	Medición del desplazamiento de los devanados.
Inductivos	Transformadores variables	Salida en forma de tensión alterna modulada en amplitud.
Sensores de efecto Hall	Medición del campo magnético y de desplazamiento.	Obtención de una tensión proporcional a una corriente eléctrica y a un campo magnético.
Uniones semiconductoras	Unión P-N	Variación en las propiedades de la unión P-N bajo la acción de la magnitud a detectar.

*Fuente: (Pallás, 1993)*

### **1.3. Características de los sensores.**

La finalidad de un sensor es dar una salida eléctrica que se corresponda con una determinada magnitud a su «entrada». En consecuencia, un primer grupo de características se refiere a la descripción de dicha correspondencia. Dado que en las condiciones normales de utilización la magnitud de entrada varía lentamente, se distingue entre el comportamiento del sensor frente a entradas de valor constante, características «estáticas», y su comportamiento frente a entradas variables, características «dinámicas» (Pallás, 1993).

#### **I. Características estáticas.**

A parte de la selección de los tipos de sensores existentes para la medición de una determinada magnitud física y de algunas consideraciones de costo, las características estáticas más importantes en la operación de un sensor son las siguientes:

- Exactitud
- Sensibilidad
- Repitibilidad
- Rango

##### **a) Exactitud**

La exactitud (en inglés, «accuracy») es la cualidad que caracteriza la capacidad de un instrumento de medida de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida (Pallás, 2003). Esta describe el máximo error que puede ser esperado de una medición tomada en algún punto entre el rango de operación y el transductor. Los fabricantes usualmente proveen la exactitud de un transductor como un porcentaje de error sobre el rango de operación del transductor tal como  $\pm 1\%$  entre 20 °C y 120 °C, o como un rango (i.e.  $\pm 1$  °C) sobre el rango de operación del transductor (Park & Mackay, 2003).

La exactitud de un sensor se determina mediante la denominada calibración estática.

### **b) Sensibilidad**

La sensibilidad de un sensor se define como la pendiente de la curva de calibración. Si ésta es una recta, la sensibilidad es constante y se dice del sensor que es lineal. Si el sensor es lineal, para determinar la entrada correspondiente a una salida observada basta restarle la salida correspondiente a entrada cero y dividir el resultado por la sensibilidad. Pero un sensor no lineal es igualmente válido con tal que sea repetible; se puede, por ejemplo, guardar en una tabla el valor de la entrada correspondiente a cada salida, o guardar los coeficientes de la curva de calibración y obtener la entrada mediante cálculo (Pallás, 1993).

### **c) Repetibilidad**

Si dos o más mediciones son tomadas de una variable física de la misma forma, la repetibilidad de un transductor indica qué tan cercano son las mediciones repetidas. La capacidad de generar respuestas de salidas casi idénticas de la misma entrada física durante la duración en que está trabajando es una indicación de la efectividad del transductor y es usualmente relacionado con el costo del transductor (Park & Mackay, 2003).

### **d) Rango**

Un transductor es usualmente construido para operar dentro de un rango especificado. El rango está definido como los valores de medición mínimo y máximo de una variable física dentro de la cual son conocidos los límites definidos por todas las demás características esenciales del transductor (sensibilidad, exactitud, etc). Una termocupla, por ejemplo, puede trabajada bien alrededor del rango de operación especificado de 0 °C a 500 °C; sin embargo, la sensibilidad alrededor de ese rango también puede producir una exactitud pequeña la exactitud o la repetibilidad de la medición (Park & Mackay, 2003).



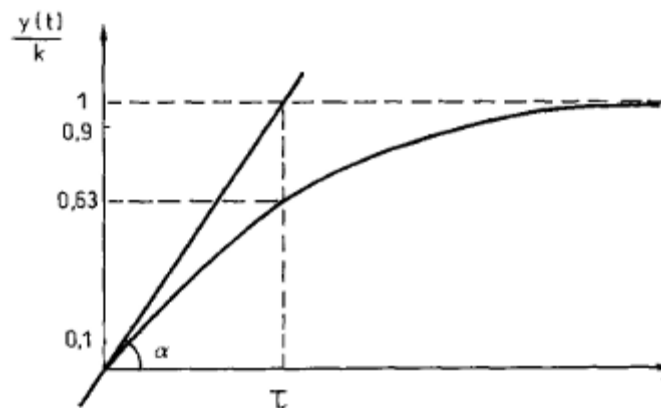
## II. Características dinámicas.

La presencia de señales de entradas variables hace que la respuesta de un determinado sensor sea distinta cuando las señales de entrada son constantes, descritas mediante las características estáticas. Las características dinámicas existentes en los sensores se describen a continuación.

### a) Retardo

Es un término genérico que describe el intervalo de tiempo transcurrido cuando la salida del sensor alcanza su valor estacionario una vez que su entrada es estimulada por algún fenómeno físico.

Debido a que existe una variedad de criterios para tomar los instantes inicial y final de la respuesta de un sensor, así mismo existen diversas interpretaciones para el retardo. Cuando el sensor es de primer orden y tipo pasa bajo, es común tomar como retardo el tiempo que tarda la salida en alcanzar el 63% de su valor final, coincidiendo con la constante de tiempo  $\tau$  del sistema.



**Figura 1.1.** Tiempo de respuesta de un sistema de primer orden.  
Fuente: (Pallás, 1993)

Otra alternativa es tomar el intervalo de tiempo que tarda la salida en pasar del 10% al 90% de su valor final frente a una entrada en escalón (Pallás, 1993).

## b) Error dinámico

Se define como la diferencia entre el valor indicado por el sensor y el valor real de la magnitud medida. Describe la diferencia en la respuesta del sensor a una magnitud de entrada según que ésta sea constante o variable en el tiempo (Pallás, 2003).

Las características dinámicas de un sensor se puede determinar analizando la respuesta de su salida frente a una entrada transitoria (impulso, escalón, rampa), periódica (senoidal) o aleatoria (ruido blanco), mediante una ecuación matemática que describe la respuesta de la salida con respecto a la entrada del sensor.

La relación entre la entrada y la salida de un sensor está expresada mediante una ecuación diferencial; en este caso, ésta relación se puede describir a través de una función de transferencia mediante la transformada de Laplace de la salida y de la entrada. En dependencia del resultado de la función de transferencia ya sea que esté dada por una constante de proporcionalidad o por una fracción cuyo denominador sea de primer o segundo orden, entonces se habla de sensores de orden cero, de primer orden o de segundo orden respectivamente.

En cualquier sistema lineal, sistema de medición invariante en el tiempo, la relación entre la entrada y la salida puede representarse por la siguiente expresión para un tiempo  $(t) > 0$ : (Morris & Langari, 2012)

$$a_n \frac{d^n q_0}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} q_0}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 = b_m \frac{d^m q_i}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} q_i}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dq_i}{dt} + b_0 q_i \quad (1.1)$$

Donde  $q_i$  es la magnitud de medición,  $q_0$  es la lectura a la salida y  $a_0 \dots a_n$ ,  $b_0 \dots b_m$  son constantes.

Lo conveniente es tener una apreciación práctica de la forma en que responden los diferentes tipos de instrumentos cuando son utilizados para la medición de variables físicas. Por lo que la expresión de la ecuación (1.1) no debiera de verse complicada

si solamente se considera la magnitud medida, de tal forma que la ecuación (1.1) se reduce a:

$$a_n \frac{d^n q_0}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} q_0}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 = b_0 q_i \quad (1.2)$$

La ecuación (1.2) puede ser más simple si tomamos ciertas consideraciones, aplicadas para la mayoría de los instrumentos de medición.

### c) Instrumentos de orden cero.

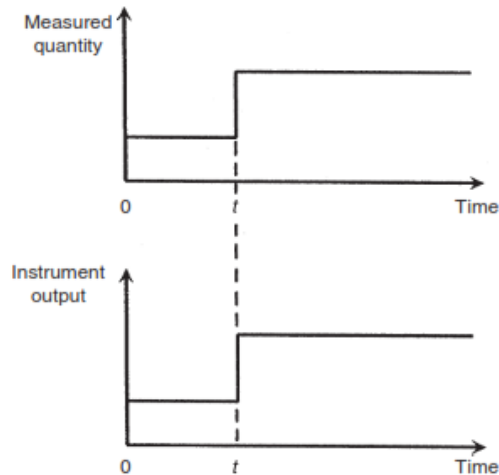
Si todos los coeficientes  $a_1 \dots a_n$  de la ecuación (1.2) se asume que son cero, entonces:

$$a_0 q_0 = b_0 q_i \quad \text{o} \quad q_0 = \frac{b_0 q_i}{a_0} = K q_i \quad (1.3)$$

Donde  $K$  es una constante conocida como sensibilidad del instrumento definida anteriormente.

Los instrumentos de medición que se representan por la ecuación (1.3) son llamados instrumentos de orden cero (Morris & Langari, 2012).

La ecuación (1.3) refleja que un sensor de orden cero solamente depende de la sensibilidad de éste; en otras palabras, cuando se le aplica un cambio repentino a la entrada en un tiempo determinado, la salida responde en el mismo instante de tiempo a este cambio, a como se muestra en la figura 1.2, provocando que la lectura de la medición de una magnitud física sea instantánea, tal es el caso de un potenciómetro.



**Figura 1.2.** Característica de un instrumento de orden cero.  
Fuente: (Morris, 2012)

#### d) Instrumento de primer orden.

Si todos los coeficientes  $a_2 \dots a_n$  excepto para  $a_0$  y  $a_1$  son asumidos cero en la ecuación (1.2) entonces:

$$a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 = b_0 q_i \quad (1.4)$$

Cualquier instrumento donde su salida se comporte como la ecuación (1.4) es conocida como un instrumento de primer orden (Morris & Langari, 2012). Si  $d/dt$  es reemplazado por el operador  $K$  en la ecuación (1.4), se obtiene:

$$a_1 Dq_0 + a_0 q_0 = b_0 q_i$$

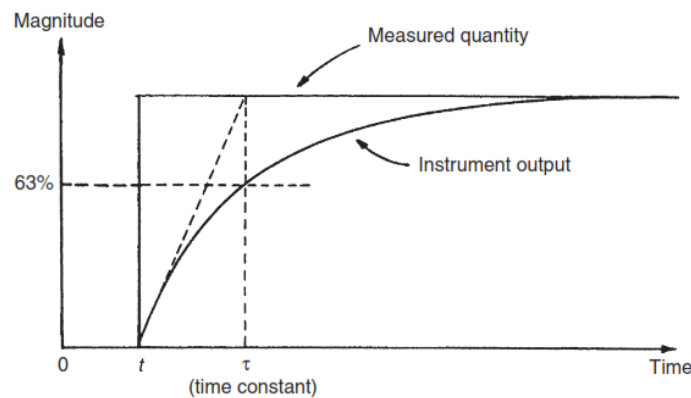
Y reacomodando los términos entonces se tienen:

$$q_0 = \frac{(b_0/a_0)q_i}{[1 + (a_1/a_0)D]} \quad (1.5)$$

Definiendo  $K=b_0/a_0$  como la sensibilidad estática y  $\tau=a_1/a_0$  como la constante de tiempo del sistema, la ecuación (2.5) queda:

$$q_0 = \frac{Kq_i}{[1 + \tau D]} \quad (1.6)$$

La magnitud de salida  $q_0$  responde ante un cambio inicial en  $q_i$  en un determinado tiempo  $t$  de la manera como se muestra en la figura 1.3; la constante de tiempo  $\tau$  ante la respuesta inicial es el tiempo tomado por la magnitud de salida  $q_0$  para alcanzar el 63% de su valor final.



**Figura 1.3.** Característica de un instrumento de primer orden.  
Fuente: (Morris, 2012)

#### e) Instrumento de segundo orden (Morris & Langari, 2012).

Si todos los coeficientes  $a_3 \dots a_n$  en la ecuación (1.2) son asumido cero, entonces obtenemos:

$$a_2 \frac{d^2 q_0}{dt^2} + a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 = b_0 q_i \quad (1.7)$$

Aplicando el operador  $D$  nuevamente:

$$a_2 D^2 q_0 + a_1 D q_0 + a_0 q_0 = b_0 q_i$$

Y reacomodando:

$$q_0 = \frac{b_0 q_i}{a_0 + a_1 D + a_2 D^2} \quad (1.8)$$

Es conveniente expresar las variables  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  y  $b_0$  de la ecuación (1.8) en términos de tres parámetros:  $K$  (sensibilidad estática),  $\omega$  (frecuencia natural del sensor) y  $\xi$  (coeficiente de amortiguamiento), donde:

$$K = b_0 / a_0 \quad ; \quad \omega = \sqrt{a_0 / a_2} \quad ; \quad \xi = a_1 / 2\sqrt{a_0 a_2}$$

$\xi$  puede ser escrito como:

$$\xi = \frac{a_1}{2a_0 \sqrt{a_2 / a_0}} = \frac{a_1 \omega}{2a_0}$$

Si ahora la ecuación (1.8) es dividida por  $a_0$ , se tiene:

$$q_0 = \frac{(b_0 / a_0) q_i}{1 + (a_1 / a_0) D + (a_2 / a_0) D^2} \quad (1.9)$$

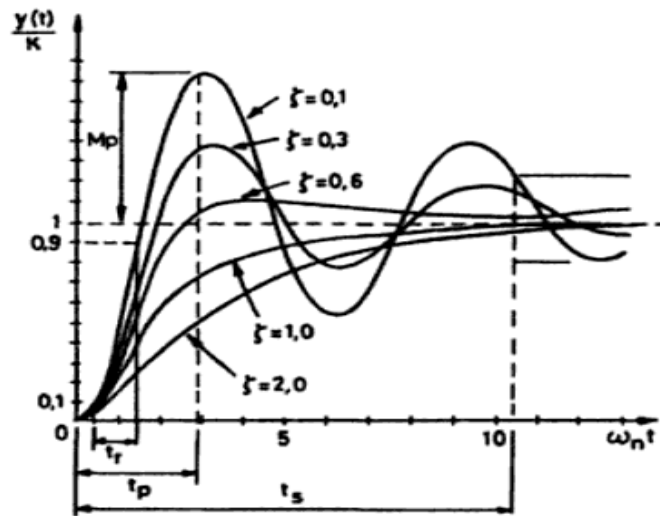
Los términos de la ecuación (1.9) pueden ser escritos en términos de  $\omega$  y  $\xi$  de la siguiente forma:

$$\frac{b_0}{a_0} = K \quad ; \quad \left( \frac{a_1}{a_0} \right) D = \frac{2\xi D}{\omega} \quad ; \quad \left( \frac{a_2}{a_0} \right) D^2 = \frac{D^2}{\omega^2}$$

Entonces, dividiendo la ecuación (1.9) por  $q_i$  y sustituyendo para  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$ , obtenemos:

$$\frac{q_0}{q_i} = \frac{K}{D^2 / \omega^2 + 2\xi D / \omega + 1} \quad (1.10)$$

Ésta es la ecuación estándar para un sistema de segundo orden y cualquier instrumento cuya respuesta puede ser descrita por la ecuación (1.10) es conocido como un instrumento de segundo orden. La respuesta gráfica correspondiente a los instrumentos de segundo orden se muestra en la figura 1.4



**Figura 1.4.** Respuesta de un sensor de segundo orden.  
Fuente: (Pallás, 4<sup>ta</sup>. Ed.)

## 2. Sensores resistivos.

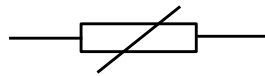
De manera general, los sensores responde a partir de su interacción con el sistema en que se desea realizar la medida y su principio físico en el que se basa su mecanismo (Garcimartín, 2005); por lo que el medio en donde se encuentra influye mucho en el material del que está fabricado, así que un solo sensor no es suficiente para satisfacer todas las necesidades de medición de una sola variable física, debido a que ésta se encuentra en distintos ambientes del mundo real, por lo que para cada sistema existe un sensor destinado a realizar la medición en base a ciertos parámetros que deben cumplirse.

Los sensores basados en la variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo son probablemente los más abundantes. Ello se debe a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica de un material. En consecuencia, ofrecen una solución válida para numerosos problemas de medida.

En el caso de los resistores variables con la temperatura, ofrecen también un método de compensación térmica aplicable en los sistemas de medida de otras magnitudes (Pallás, 2003).

### 2.1. Detectores de Temperatura Resistivos (RTD).

Los detectores de temperatura basados en la variación de una resistencia eléctrica se suelen designar con sus siglas inglesas RTD (Resistance Temperature Detector). Dado que el material empleado con mayor frecuencia para esta finalidad es el platino. El símbolo general para estos dispositivos es el de la figura 2.1. La línea recta en diagonal sobre el resistor indica que varía de forma intrínseca lineal (Pallás, 2003).



**Figura 2.1.** Símbolo para una RTD.  
Fuente: (Pallás, 4<sup>ta</sup> Ed.)

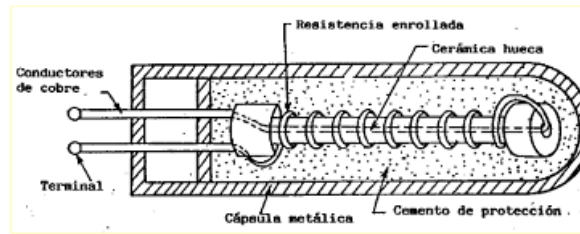
El funcionamiento de las RTD es la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Partiendo con el principio de que la resistencia de un metal varía con la temperatura se expresa mediante la siguiente relación:

$$R = R_0(1 + \alpha T + \alpha_2 T^2 + \dots + \alpha_n T^n) \quad (2.1)$$

Donde  $R_0$  es la resistencia a la temperatura de referencia y  $T$  el incremento de temperatura respecto a la de referencia. La variación de resistencia se debe tanto al cambio de resistividad como al cambio de dimensiones asociado con el cambio de temperatura (Pallás, 2003).



Una RTD típica está formada por un devanado de hilo encapsulado como el de la figura 2.2.



**Figura 2.2.** Encapsulado de una RTD  
Fuente: (Moreno, Universidad de Burgos)

Las principales ventajas de estos sensores son que su sensibilidad son unas diez veces mayor que las de los termopares, la alta repetibilidad, estabilidad a largo plazo y exactitud en el caso del platino y el bajo coste en el caso del cobre y de níquel, que son tres de los metales empleados con esta finalidad (Pallás, 2003).

La ecuación que define la variación de la resistencia de la RTD en función del aumento o disminución de la temperatura está dada por:

$$R_{RTD} = R_0(1 + \alpha T) \quad (2.2)$$

Donde  $R_{RTD}$  es el valor de la resistencia de la RTD a una determinada temperatura  $T$ ;  $R_0$  es la resistencia del sensor calibrada en fábrica a 0 °C con el valor de 100  $\Omega$  y  $\alpha$  es el coeficiente de temperatura de la RTD equivalente a 0.00385  $\Omega / \Omega / ^\circ\text{C}$

A partir de la ecuación (2.2) se puede deducir la sensibilidad de la RTD (Moreno, 2013) definida como  $\Delta R / \Delta T$ :

$$R_{RTD} = R_0 + (R_0 \alpha T)$$

Comparando con la expresión  $R_{RTD} = R_0 + \Delta R$  entonces:

$$\Delta R = R_0 \alpha \Delta T \quad (2.3)$$

Y por lo tanto la sensibilidad  $S$  definida como  $\Delta R / \Delta T$ , será:

$$S = R_0 \alpha \quad \Omega/^{\circ}\text{C} \text{ (Curva de calibración linealizada)} \quad (2.4)$$

Se puede concluir que  $\alpha$  es la sensibilidad relativa (Moreno, 2013) ya que está referida a  $R_0$  según la ecuación (2.4):

$$\alpha = S/R_0 \quad (2.5)$$

Otra expresión de la sensibilidad relativa (Moreno, 2013) se obtiene de la ecuación (2.3):

$$\alpha = \frac{\Delta R/R_0}{\Delta T} \text{ (Por ejemplo en el platino es } \alpha = 0.00385 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\alpha$  también es llamada coeficiente de temperatura.

La resistencia de los RTD disponibles comercialmente se encuentra en el rango de 10 a 25000 ohmios. Las más utilizadas son las de valores de 100, 200 y 1000 ohmios de platino, denominadas PT100, PT200 y PT1000 respectivamente.

En la tabla 2.1 se muestran los parámetros de éstos y otros metales empleados. Puede observarse que el níquel ofrece mayor sensibilidad, pero su margen lineal es menor que el del platino. Éste es el que ofrece mejores prestaciones, y la sonda de 100 $\Omega$ , designada como PT100, es uno de los sensores más comunes (Pallás, 2003).

**Tabla 2.1.** Especificaciones de diversos detectores de temperatura resistivos.

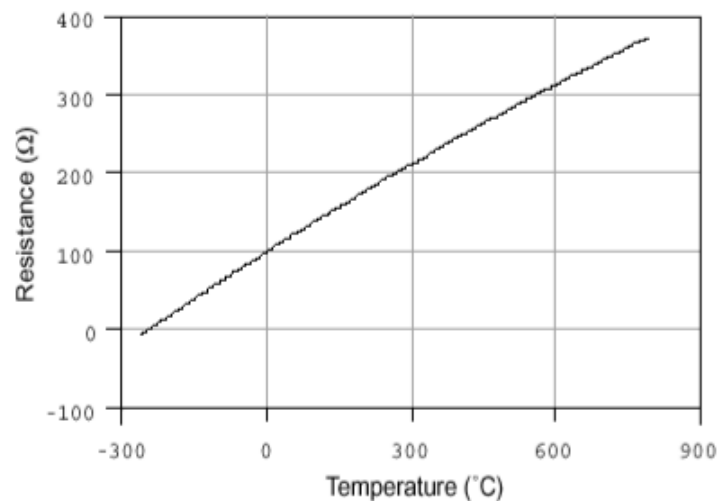
Parámetro	Platino	Cobre	Níquel	Molibdeno
Resistividad a 20 °C, $\mu\Omega\text{cm}$	10.6	1.673	6.844	5.7
$\alpha$ , $\Omega/\Omega/\text{K}$	0.00385	0.0043	0.00681	0.003786
$R_0$ , $\Omega$ a 0 °C	25, 50, 100, 200, 500...	10 (20 °C)	50, 100, 120	100, 200, 500, 1000, 2000
Margen, °C	- 200 a +850	- 200 a +260	- 80 a +320	- 200 a +200

Fuente: (Pallás, 4ta. Ed.)

En cuanto a la disposición física, hay modelos tanto para inmersión en fluidos como para medir temperaturas superficiales. En el primer caso, consisten en un hilo de 15-30  $\mu\text{m}$  bobinado sobre un soporte, de forma que permita un movimiento relativo para acomodar las dilataciones diferenciales y todo ello protegido por una cubierta

inerte; en el segundo caso es esencial que sean flexibles y que el soporte sea un buen aislante eléctrico (Pallás, 2003).

La sonda de platino ofrece una medida estable y exacta; además, como metal noble, no es propenso a la contaminación. Los sensores de platino fina son mucho más económicos que los de hilo bobinado y sus prestaciones son casi de igual calidad. Se han aplicado en múltiples casos industriales, en automóviles, en electrodomésticos y en edificios (Pallás, 2003).



**Figura 2.3.** Curva de la Resistencia – Temperatura para una RTD de platino de 100 Ω,  $\alpha=0.00385$

*Fuente: (Moreno, Universidad de Burgos)*

## 2.2. Termocuplas

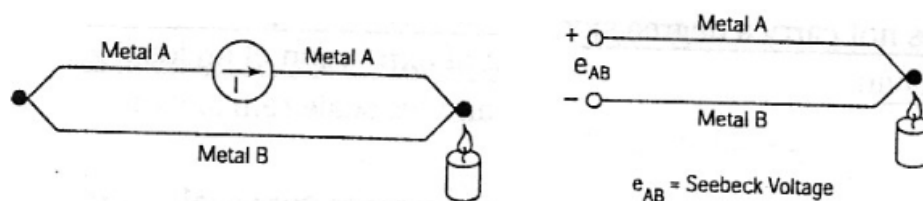
La termocupla se considera un sensor generador porque genera una señal eléctrica a partir de la magnitud que mide sin necesidad de una alimentación eléctrica. Ofrecen una alternativa para medir muchas de las magnitudes ordinarias, sobre todo temperatura, fuerza y magnitudes afines. Pero, además, dado que se basan en efectos reversibles, están relacionados con diversos tipos de accionadores o aplicaciones inversas en general. Es decir, se pueden emplear para la generación de acciones no eléctricas a partir de señales eléctricas (Pallás, 2003).

Los sensores termoeléctricos se basan en dos efectos que, a diferencia del efecto Joule, son reversibles. Se trata del efecto Peltier y del efecto Thompson. El efecto

Peltier establece que la unión de dos metales distintos se calienta o enfría al ser atravesada por una corriente eléctrica, según el sentido de ésta. El calentamiento o enfriamiento de la unión no depende de la forma de los metales, sino de sus propiedades (Barragán, 2008).

El efecto Thomson establece que un conductor homogéneo expuesto a una temperatura no homogénea, absorbe o libera calor cuando circula por él una corriente eléctrica. El calor liberado o absorbido es proporcional a la corriente que circula por él (Barragán, 2008).

Thomas J. Seebeck descubrió, en 1822, que en un circuito de dos metales distintos homogéneos, A y B, con dos uniones a diferente temperatura, aparece una corriente eléctrica. Es decir, hay una conversión de energía térmica a energía eléctrica, o bien, si se abre el circuito, una fuerza (termo-) electromotriz (f.t.e.m.) que depende de los metales y de la diferencia de temperaturas entre las dos uniones. Al conjunto de estos dos metales distintos con una unión firme en un punto o una zona se le denomina termopar (Pallás, 2003).



**Figura 2.4.** El efecto Seebeck  
Fuente: (Luciano, apuntes de Electrónica)

La expresión matemática que describe este efecto (Morris & Langari, 2012) está dada por:

$$e = a_1T + a_2T^2 + a_3T^3 + \dots + a_nT^n \quad (2.6)$$

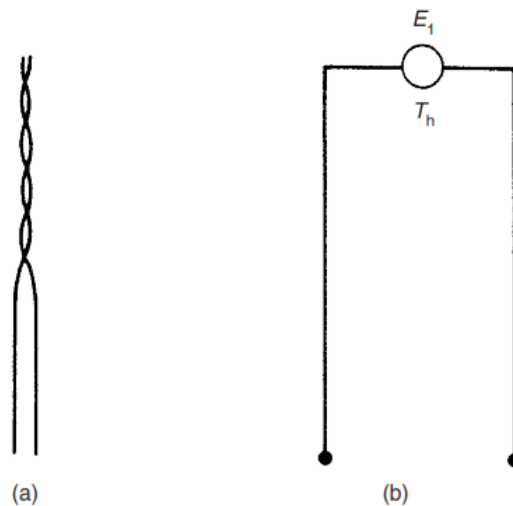
Donde  $e$  es la f.t.e.m. genera y  $T$  es la temperatura medida.

Afortunadamente, por ciertas características de los materiales, los términos que involucran el cuadrado de su valor y la potencia elevada para la  $T$  ( $a_2T^2$ ,  $a_3T^3$ , etc.)

son aproximadamente cero, y la relación para la f.t.e.m. es aproximadamente lineal (Morris & Langari, 2012), por lo que:

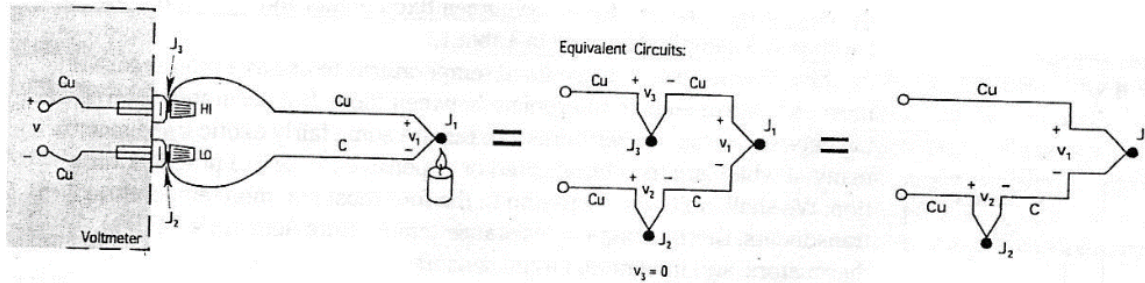
$$e \approx a_1 T \quad (2.7)$$

Una termocupla está formada por dos cables de diferentes metales que están eléctricamente conectado a un extremo (unión de medición) y conectado térmicamente en el otro extremo (unión de referencia) (Park & Mackay, 2003), ver figura 2.5.



**Figura 2.5.** (a) Termocupla; (b) Circuito equivalente  
Fuente: (Morris, 2001)

El voltaje generado en el punto donde se encuentran conectados los cables de distinto material está representado por una fuente de voltaje  $E_1$ , éste punto es conocido como unión de medición. La temperatura de la unión de medición está dada por  $T_h$ . El voltaje generado en  $E_1$  es la medición en los extremos abiertos de la termocupla, la cual es conocida como unión de referencia (González, 2005). La característica principal es que en la unión donde se encuentran conectados los dos alambres de distintos material se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck), en valores de milivoltios, siendo éste proporcional a la temperatura aplicada a la unión.



**Figura 2.6.** Medición del voltaje en la unión con un multímetro.

Fuente: (Luciano, 2008)

Para medir la diferencia de temperatura se introduce un tercer metal, el del circuito del instrumento de medida, y las uniones forman otro termopar. El voltaje registrado será una función no sólo de la diferencia de la temperatura a la que se encuentre la unión A-B, sino también de las uniones formadas en los bornes del instrumento de medida (Garcimartín, 2005).

Puede ser que el metal del circuito de medida sea el mismo de uno de los dos con los que está fabricado el termopar, en cuyo caso sólo se introduce un nuevo termopar y no dos. A esta unión se le llama *junta fría*. En cualquier caso, es necesario resolver este inconveniente (Garcimartín, 2005).

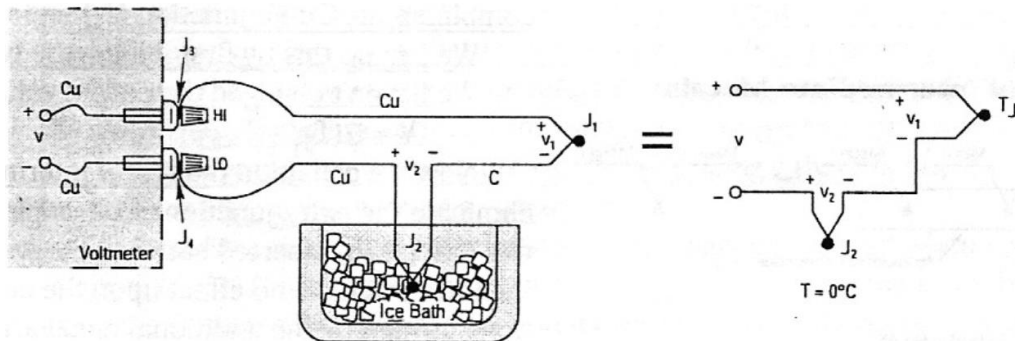
Nos gustaría que el voltímetro sólo leyera  $V_1$ , pero al conectar el voltímetro en un intento para medir la salida de la unión  $J_1$  hemos creado dos uniones metálicas más:  $J_2$  y  $J_3$ . Como la unión  $J_3$  es una unión cobre-cobre, la FEM que se genera es nula, pero la unión  $J_2$  es cobre-constantan y va a agregar una FEM  $V_2$  opuesta a  $V_1$ . La lectura resultante del voltímetro  $V$  va a ser proporcional a la diferencia de temperatura entre  $J_1$  y  $J_2$ . Esto nos habla de que no podemos encontrar la temperatura de  $J_1$  a menos que encontremos primero la  $J_2$  (Luciano, 2008).

Una forma de determinar la temperatura  $J_2$  es físicamente poner la unión en un baño de hielo, forzando su temperatura a ser  $0^\circ\text{C}$  y estableciendo  $J_2$  como una unión de referencia (Luciano, 2008). Así, la lectura del voltímetro resulta:

$$V = (V_1 - V_2) = a_1(T_{J_1} - T_{J_2}) \quad (2.8)$$

Y luego  $V$  se convierte en:

$$\begin{aligned}
 V &= V_1 - V_2 = a_1[(T_{J_1} + 273.15) - (T_{J_2} + 273.15)] \\
 V &= V_1 - V_2 = a_1(T_{J_1} - T_{J_2}) \\
 V &= V_1 - V_2 = a_1(T_{J_1} - 0)
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$



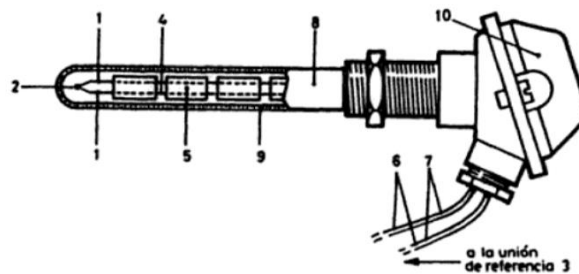
**Figura 2.7.** Unión de referencia externa.  
Fuente: (Luciano, 2008)

Esta función es para hacer énfasis en el hecho de que la unión de baño de hielo de la salida  $V_2$  no es de cero volts sino que es función de la temperatura absoluta. Al agregar el voltaje de la unión de referencia del punto de hielo tenemos ahora una lectura de referencia de voltaje a 0 °C. Este método es muy preciso porque la temperatura de punto de hielo puede ser precisamente controlada (Luciano, 2008).

Si la temperatura de la junta fría se registra con la ayuda de un sensor interno, el instrumento puede convertir directamente la salida a unidades de temperatura mediante una calibración registrada internamente (lo que se llama compensación de junta fría). En el caso de que lo que se desee sea medir una diferencia de temperaturas, no es necesario proceder a compensar las juntas frías (Garcimartín, 2005).

Los valores correspondientes a la tensión obtenida con determinados termopares, en función de la temperatura de esta unión cuando la otra se mantiene a 0 °C, están tabulados (Pallás, 2003). La aplicación de los termopares a la medida está sujeta a una serie de limitaciones que conviene conocer de cara a su uso correcto, las cuales son las siguientes (Pallás, 2003):

- La temperatura máxima que alcance el termopar debe ser inferior a su temperatura de fusión, eligiendo un modelo adecuado a los valores de temperatura a medir.
- La corriente que circule por el circuito de termopares debe ser mínima, de lo contrario la unión de medida alcanzará una temperatura distinta a la que se desea medir y la unión de referencia una temperatura diferente a la supuesta, con los consiguientes errores.
- Mantener una de las dos uniones a una temperatura de referencia fija si se desea medir la de la otra unión, pues todo cambio en dicha unión de referencia será una fuente de error.



**Figura 2.8.** Termopar industrial con vaina.  
Fuente: (Pallás, 4<sup>ta</sup> Ed.)

Existen cinco categorías para las termocuplas de uso general, éstas son NBS/ANSI (Americano), BS (Británico), DIN (Aleman), JIS (Japonés) y NF (Francés). Ocho principales tipos de termocuplas son para el uso general en la industria. Están divididas en dos importantes grupos: las termocuplas basadas de metal (tipo J, K, N, E y T) y las de metal noble (tipo R, S y B). Adicionalmente hay diversas termocuplas elaboradas de tungsteno para altas temperaturas (las de tipo G, C y D) las cuales soportan temperaturas entre 0 °C y 2,320 °C (Park & Mackay, 2003).

Su composición y el rango de temperatura en la que operan se muestran en el siguiente cuadro de acuerdo al estándar NBS:



**Tabla 2.2.** Especificaciones de las termocuplas (estándar NBS).

Tipo	Positivo	Negativo	Rango de temperatura (°C)
B	Pt, 30% Rh	Pt, 6% Rh	+300 to 1700
C	W, 5% Re	W, 26% Rh	0 to 2320
D	W, 3% Re	W, 25% Re	0 to 2320
E	Ni, 10% Cr	Cu, 45% Ni	-200 to 900
G	W	W, 26% Re	0 to 2320
J	Fe	Cu, 45% Ni	-200 to 750
K	Ni, 10% Cr	Ni, 2% Mn, 2% Al	-200 to 1250
N	Ni, 14% Cr, 1% Si	Ni, 4% Si, 0.1% Mg	-200 to 1350
R	Pt, 13% Rh	Pt	0 to 1450
S	Pt, 10% Rh	Pt	0 to 1450
T	Cu	Cu, 45% Ni	-200 to 350

*Fuente: (Park & Mackay, 2003)*

### 3. Elementos convertidor y procesador de señal.

Un sistema de medición está formado por un conjunto de elementos o etapas que interactúan mutuamente, de tal forma que su propósito es procesar la magnitud de medida utilizando las características particulares que presentan los componentes electrónicos y programas de computadores para facilitar al operador el comportamiento y análisis de una determinada variable física.

La salida que proporciona el sensor no siempre se puede conectar directamente al aparato de medida. Los motivos son variados: ya sea porque la salida del sensor es débil y el instrumento no es capaz de detectarla, ya porque interesa convertir la señal de intensidad o frecuencia a voltaje, o por otras razones diversas. Es necesario entonces “preprocesar” la señal antes de que llegue al instrumento (Garcimartín, 2005).

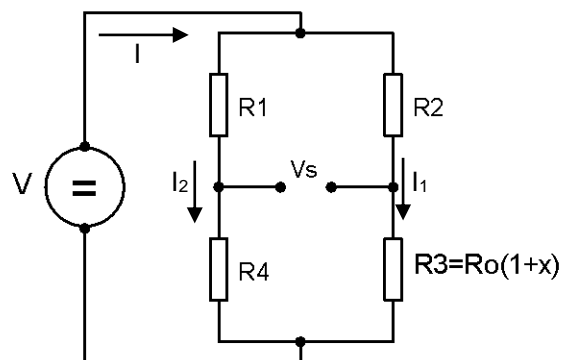
Considérese el caso de una señal débil. Aunque su nivel esté dentro del rango de medida del aparato, el lapso de tiempo que éste necesita para tomar la medida (llamado tiempo de apertura) depende de la magnitud de la señal: para medir una señal débil, el tiempo de apertura es mayor. Si se quieren realizar muchas mediciones seguidas (una salva) es necesario amplificar la señal antes de que llegue al aparato (Garcimartín, 2005).

### 3.1. El puente de Wheastone.

El elemento convertidor de variable es requerido cuando la variable de salida de un transductor primario está en una forma inconveniente y tiene que ser convertida en una forma más conveniente. Los circuitos puente son comúnmente muy usados como un elemento convertidor de variable en los sistemas de medición y produce una salida en forma de niveles de voltajes que cambian conforme a la medición en los cambios de las cantidades físicas (Morris & Langari, 2012).

La forma habitual de obtener una señal eléctrica como resultado de una medida empleando un puente de Wheastone, es mediante el método de deflexión. En éste, en lugar de valorar la acción necesaria para restablecer el equilibrio en el puente, se mide la diferencia de tensión entre ambas ramas o la corriente a través de un detector dispuesto en el brazo central. Con la notación de la figura 3.1, si para  $x=0$  se desea que el puente esté equilibrado, que es lo habitual, se puede definir un parámetro (Pallás, 2003):

$$k = \frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3} \quad (3.1)$$



**Figura 3.1.** Puente de Wheastone funcionando por el método de deflexión.

Fuente: (Pallás, 4ta Ed.)

Si lo que se mide es la tensión entre la toma central, se tiene:

$$V_s = V \left( \frac{R_3}{R_2 + R_3} - \frac{R_4}{R_1 + R_4} \right) = V \frac{kx}{(k+1)(k+1+x)} \quad (3.2)$$

Si el puente de Wheastone es excitado por un voltaje de entrada ( $V$ ), normalmente de 1V, el voltaje de salida indicado está dada por la ecuación (3.2), donde tres de sus resistencias son del mismo valor.

Cuando un elemento resistivo cambia en su resistencia en respuesta a los parámetros físicos al que está siendo medido es llamado elemento activo (sensor). Si  $R_3$  ( $R_{RTD}$  para el caso de un sensor RTD) es un elemento activo, entonces un incremento en la resistencia del elemento activo  $R_3$  provoca un incremento en el voltaje de salida. Así mismo, un decremento en su resistencia conllevará a un decremento del voltaje aplicado a la salida (Park & Mackay, 2003).

Resulta, pues, que la tensión de salida sólo es proporcional a los cambios de resistencia cuando se cumpla  $x \ll k+1$ . Si esta salida se va a interpretar como proporcional a las variaciones de  $R_3$ , la sensibilidad real (Pallás, 2003) será:

$$S = \frac{V_s}{xR_0} = \frac{Vk}{R_0} \frac{1}{(k+1)(k+1x)} \quad (3.3)$$

Y el máximo de esta sensibilidad, en función de  $k$ , se obtiene cuando  $dS/dk = 0$ .

Esta condición se cumple cuando:

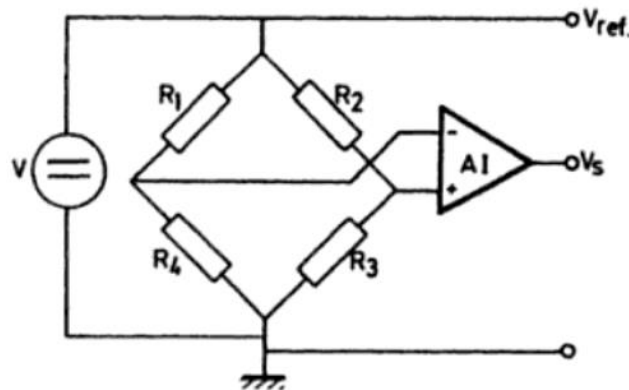
$$k^2 = 1 + x \quad (3.4)$$

Si el sensor está lejos, es inevitable la presencia de hilos de conexión largos, que añaden resistencias en serie con el sensor. Éstas pueden ser de valores altos si se utilizan conductores como constantan o manganina, que tienen coeficiente de temperatura bajo en su resistencia eléctrica; si se emplean conductores de cobre, que tiene mejor conductividad, puede haber errores importantes debidos a los cambios de temperatura (Pallás, 2003).

### 3.2. El amplificador de instrumentación.

Dentro de las técnicas para el procesamiento de señales analógicas está la amplificación de la señal. La amplificación de la señal es llevada a cabo cuando el nivel de salida de la medición de un transductor de una determina señal es considerado muy bajo (Morris A. , 2001).

Dado que la mayor parte de los puentes de sensores se alimentan con una fuente de tensión o de corriente que tiene un terminal puesto a tierra, el amplificador conectado a su salida no puede tener ninguno de sus terminales de entrada puesto a tierra. Por razones que se verán luego, conviene, además, que la impedancia desde cada uno de los terminales de entrada del amplificador a tierra sea igual (y alta) (Pallás, 2003).

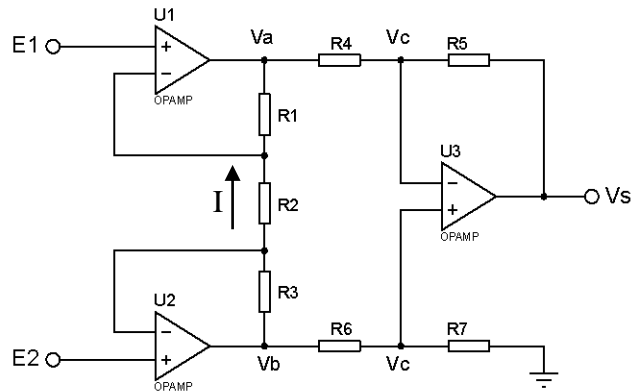


**Figura 3.2.** Conexión Puente de Wheastone y Amplificador de Instrumentación.

Fuente: (Pallás, 2003)

El amplificador de instrumentación es construido a base de opamp y en dependencia de la necesidad en la medición de una determinada señal se pueden utilizar uno, dos o tres amplificadores operacional, las cuales también se pueden encontrar en circuitos integrados.

La figura 3.3 muestra el circuito de un amplificador de instrumentación con el empleo de tres OPAMP comúnmente encontrado en la práctica.



**Figura 3.3.** Amplificador de instrumentación.

Su análisis lleva a las siguientes ecuaciones:

$$V_b - V_a = V_{ba} \quad (3.5)$$

$$I = \frac{E_2 - E_1}{R_2} \quad (3.6)$$

Combinando la ecuación (3.5) y (3.6) tenemos:

$$\begin{aligned} V_{ba} &= 2IR_1 + IR_2 = I(2R_1 + R_2) \\ V_{ba} &= (E_2 - E_1) \left( \frac{2R_1 + R_2}{R_2} \right) \\ V_{ba} &= (E_2 - E_1) \left( \frac{2R_1}{R_2} + 1 \right) \end{aligned} \quad (3.7)$$

Partiendo de la ecuación (3.7) se puede considerar que  $V_S = V_{ba}$ , debido a que el OPAMP 3 trabaja como amplificador diferencial y que las resistencias  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  y  $R_7$  son del mismo valor, conllevando a que  $V_{ba}$  se refleje en  $V_S$  como el voltaje de salida del amplificador de instrumentación. La característica primordial de los amplificadores de instrumentación es que la ganancia está definida por el conjunto de resistencia  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ , definiendo valores iguales para  $R_1$  y  $R_3$ , y siendo  $R_2$  como la resistencia de ganancia ( $R_G$ ); de tal forma que el voltaje de salida del amplificador de instrumentación está dado por:

$$V_s = (E_2 - E_1) \left( \frac{2R_1}{R_G} + 1 \right), \text{ O bien}$$

$$V_s = (E_2 - E_1) G_{AI} \quad (3.8)$$

#### 4. Proteus VSM.

En la actualidad existen cada vez más programas dedicado al diseño asistido por computadora o CAD (Computer Aided Desing) para diferentes áreas de desarrollo, y la electrónica no podía quedarse atrás. Dentro de estos contextos, en los últimos años han surgido gran cantidad de programas orientados a los expertos en electrónica para ayudarlos en el diseño de circuitos (Rossano, 2013).

Proteus VSM es un sistema de diseño electrónico basado en la simulación analógica, digital o mixta de circuitos, que brinda la posibilidad de interacción con muchos de los elementos que integran el circuito. Incluye componentes animados para la visualización de su comportamiento en tiempo real, además de un completo sistema de generación y análisis de señales. También cuenta con un módulo para el diseño de circuitos impresos (Rossano, 2013).

El entorno de diseño electrónico Proteus VSM de Labcenter Electronics ofrece la posibilidad de simular código microcontrolador de alto y bajo nivel y, simultáneamente, con la simulación en modo mixto de SPICE. Esto permite el diseño tanto a nivel hardware como software y realizar la simulación en un mismo y único entorno. Para ello, se suministran tres potentes subentornos como son el ISIS para el diseño gráfico, VSM (Virtual System Modelling) para la simulación y ARES para el diseño de placas (García, 2008).

ISIS es un potente programa de diseño electrónico que permite realizar esquemas que pueden ser simulados en el entorno VSM o pasados a un circuito impreso ya en el entorno ARES. Posee una muy buena colección de librerías de modelos tanto para dibujar, simular o para las placas. Además, permite la creación de nuevos

componentes, su modelización para su simulación e, incluso, la posibilidad de solicitar al fabricante (Labcenter Electronics) que cree uno nuevo (García, 2008).

## 5. LabVIEW para la adquisición de datos.

En un sentido amplio, la adquisición de datos es la medición o generación de datos (de control) de un fenómeno físico. Se puede llevar a cabo manualmente por una persona o automáticamente por un ordenador. Existen numerosas formas para automatizar la medición y generación de datos (Stamps, 2012).

Para la medición de los datos los dispositivos de entrada a sistema pueden ser un sensor o un transductor, como una termocupla o un transductor de presión, que están detectando un fenómeno físico, como temperatura o presión, y convirtiéndola en una señal eléctrica, tal como voltaje o corriente (Stamps, 2012).

La señal es leída por una tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ) y convertida en una señal digital que puede ser interpretada por una computadora. Es necesario de un software para la comunicación de la computadora con la tarjeta DAQ. El software de interfaz con la computadora para analizar, almacenar, y visualizar los datos es LabVIEW y el software para la comunicación con los dispositivos que configura los canales de datos y los datos para medición es llamado NI-DAQmx (Stamps, 2012)

LabVIEW es el acrónimo de **L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench. Es un lenguaje y a la vez un entorno de programación gráfica en el que se pueden crear aplicaciones de una forma rápida y sencilla. Originalmente este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual (Lajara & Pelegrí, 2007.).

Por este motivo los programas creados en LabVIEW se guardarán en ficheros llamados VI y con la misma extensión, que significa instrumento virtual (*Virtual Instruments*). También relacionado con este concepto se da nombre a sus dos ventanas principales: un instrumento real tendrá un Panel Frontal donde estarán sus botones, pantallas, etc. y una circuitería interna. En LabVIEW estas partes reciben

el nombre de Panel Frontal y Diagramas de Bloques respectivamente (Lajara & Pelegrí, 2007.).

- Panel Frontal: es la parte que verá el usuario, suele tener fondo gris.
- Diagramas de Bloques: es donde se realizará la programación y suele tener fondo blanco.

Al lenguaje de programación que usa LabVIEW también se le llama lenguaje G. La mayoría de los lenguajes se basan en una programación imperativa, la cual es simplemente una sucesión de operaciones. Sin embargo el lenguaje G no usa una programación imperativa sino una ejecución basada en el flujo de datos (*dataflow*) (Lajara & Pelegrí, 2007.).

En LabVIEW el programa se realiza en el Diagrama de Bloques. Un programa habitualmente está formado por:

- Controles: sirven de entrada para los datos.
- Funciones, VIs y estructuras: realizan una o varias operaciones con esos datos.
- Indicadores: Sirven de salida para los datos.

El software es ampliamente utilizado para una variedad de aplicaciones tales como la adquisición de datos y procesamiento de señales, en el control de instrumentos, la automatización de sistemas de pruebas y validación, en sistemas embebidos de monitoreo y control, en la enseñanza académica, en robótica; en el área de energía eléctrica, automotriz, aeroespacial y defensa, etc. (Instruments, 2014).

## **6. SPSS Statistics**

El programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) es uno de los programas de mayor uso en los Estados Unidos de Norteamérica así como también en América Latina. Ofrece diversas posibilidades para crear vínculos con otros programas comunes tales como Microsoft Word, Microsoft Excel y Microsoft Power Point. SPSS permite manejar bancos de datos de gran magnitud y también



efectuar análisis estadísticos muy complejos (Belén, Alberto, Navarro, & de Vries, 2010).

El SPSS trabaja básicamente con dos tipos de archivos, uno para los datos y el otro para el resultado de los análisis, existe un tercer archivo también importante que es para los gráficos (Monegal, 1999).

Los pasos a seguir para llevar a cabo un análisis de tipo estadístico son los siguientes:

- a) Recoger la información del problema que se desee investigar y tenerla organizada generalmente en papel.
- b) Grabar esa información en un archivo de datos correspondiente al programa que se va a usar, en el caso de SPSS en un archivo que tiene el nombre que deseemos, pero que posee forzosamente la extensión **.sav**
- c) Sobre tal archivo de datos se llevará a cabo el análisis con SPSS, usando diferentes procedimientos que, como veremos, se seleccionan de distintos menús.
- d) Los resultados de tales análisis son volcados a un visor de resultados en el que su visualización y edición es más cómoda, y desde el que se pueden guardar en un fichero, de nombre el que se desee, pero de extensión **.spo**
- e) El investigador interpreta los resultados y extrae de lo mismo las conclusiones que le parecen relevantes, y con eso se cierra el ciclo sobre el que estamos trabajando.

El procedimiento que acabamos de especificar es el que se sigue siempre en este tipo de análisis (Martín & Cabero, 2008).

## **7. El aprendizaje significativo.**

David Ausubel postuló la teoría del aprendizaje significativo considerando que el aprendizaje en el individuo se da partiendo de los conocimientos previos que éste posea. David P. Ausubel acuña la expresión Aprendizaje Significativo para

contrastarla con el Aprendizaje Memorístico (Dávila, 2000). Así, afirma que las características del Aprendizaje Significativo son:

- Los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva en la estructura cognitiva del alumno.
- Esto se logra gracias a un esfuerzo deliberado del alumno por relacionar los nuevos conocimientos con sus conocimientos previos.
- Todo lo anterior es producto de una implicación afectiva del alumno, es decir, el alumno quiere aprender aquello que se le presenta porque lo considera valioso.

### **7.1. Requisitos para lograr el Aprendizaje Significativo (Dávila, 2000).**

De acuerdo a la teoría de Ausubel, para que se puedan lograr aprendizajes significativos es necesario se cumplan tres condiciones:

**Significatividad lógica del material.** Esto es, que el material presentado tenga una estructura interna organizada, que sea susceptible de dar lugar a la construcción de significados. Los conceptos que el profesor presenta, siguen una secuencia lógica y ordenada.

**Significatividad psicológica del material.** Esto se refiere a la posibilidad de que el alumno conecte el conocimiento presentado con los conocimientos previos, ya incluidos en su estructura cognitiva. Los contenidos entonces son comprensibles para el alumno.

**Actitud favorable del alumno.** El aprendizaje no puede darse si el alumno no quiere aprender. Este es un componente de disposiciones emocionales y actitudinales, en el que el maestro sólo puede influir a través de la motivación.

### **8. Test de Kolb (Fernández, 2014).**

Los estilos de aprendizajes son los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos con las que se identifica una persona para percibir, interactuar y responder a sus ambientes de aprendizajes.

El test de Kolb es una herramienta para determinar el estilo de aprendizaje que posee una persona y al cual se adapta mejor su proceso de aprendizaje. Kolb identificó dos dimensiones principales del aprendizaje: la percepción y el procesamiento. Afirma que el aprendizaje es el resultado de la forma como las personas perciben y luego procesan lo que han percibido. Describió dos tipos opuestos de percepción:

- Las personas que perciben a través de la experiencia concreta.
- Y las personas que perciben a través de la conceptualización abstracta (y generalizaciones).

A medida que iba explorando las diferencias en el procesamiento, Kolb también encontró ejemplos de ambos extremos:

- Algunas personas procesan a través de la experimentación activa (la puesta en práctica de las implicaciones de los conceptos en situaciones nuevas).
- Mientras que otras a través de la observación reflexiva.



**Figura 6.1.** Cuadrantes de Kolb

### 8.1. Estilo de aprendizaje convergente.

Su punto más fuerte reside en la aplicación práctica de las ideas. Esta persona se desempeña mejor en las pruebas que requieren una sola respuesta o solución concreta para una pregunta o problema. Organiza sus conocimientos de manera que se pueda concretar en resolver problemas usando razonamiento hipotético deductivo. Estas personas se orientan más a las cosas que a las personas.

## **8.2. Estilo de aprendizaje divergente.**

Se desempeña mejor en cosas concretas (E.C.) y la observación reflexiva (O.R.). Su punto más fuerte es la capacidad imaginativa. Se destaca porque tiende a considerar situaciones concretas desde muchas perspectivas. Se califica este estilo como “divergente” porque es una persona que funciona bien en situaciones que exigen producción de ideas (como en la “lluvias de ideas”).

## **8.3. Estilo de aprendizaje asimilador.**

Predomina en esta persona la conceptualización abstracta (C.A.) y la observación reflexiva (O.R.). Su punto más fuerte lo tiene en la capacidad de crear modelos teóricos. Se caracteriza por un razonamiento inductivo y poder juntar observaciones dispares en una explicación integral. Se interesa menos por las personas que por los conceptos abstractos, y dentro de éstos prefiere lo teórico a la aplicación práctica. Suele ser un científico o un investigador.

## **8.4. Estilo de aprendizaje acomodador.**

Se desempeña mejor en la experiencia concreta (E.C.) y la experimentación activa (E.A.) Su punto más fuerte reside en hacer cosas e involucrarse en experiencias nuevas. Suele arriesgarse más que las personas de los otros tres estilos de aprendizaje. Se lo llama “acomodador” porque se destaca en situaciones donde hay que adaptarse a circunstancias inmediatas específicas. Es pragmático, en el sentido de descartar una teoría sobre lo que hay que hacer.

## CAPÍTULO II. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 1. Diseño Metodológico.

En la ejecución del trabajo propuesto se contó con la participación de los estudiantes de los grupos 4T1-Eo, 4T2-Eo y 4N1-Eo para el desarrollo de las guías de laboratorios diseñadas utilizando el método de observación como método de investigación mixta. En esta sección del documento se describen cada uno de los instrumentos utilizados que lograron la elaboración del trabajo monográfico, las cuales fueron:

- Encuestas aplicadas a los estudiantes que cursaron la asignatura de Sistemas de Medición.
- Prueba diagnóstica para determinar los conocimientos previos.
- El test de Kolb para determinar el estilo de aprendizaje que poseen los estudiantes que cursan la asignatura.
- Entrevistas a docentes que impartieron la asignatura de Sistema de Medición.
- Encuesta final aplicada a los estudiantes de los grupos 4T1-Eo, 4T2-Eo y 4N1-Eo.
- Software estadístico SPSS
- El sensor RTD PT-100
- El sensor termocupla tipo “K”.
- Software de simulación Proteus 8 Professional
- El puente de Wheastone.
- El amplificador de instrumentación.
- Plataforma de programación LabVIEW.

### **1.1. Encuesta aplicada a los estudiantes que cursaron la asignatura de Sistema de Medición.**

Consistió en determinar sus opiniones sobre las prácticas de laboratorios que desarrollaron en el debido momento. Se consultaron estudiantes que cursaron la asignatura entre los años 2010 al 2013.

El medio utilizado por el cual los estudiantes completaron la encuesta fue a través de la página web [www.encuestafacil.com](http://www.encuestafacil.com), ésta brinda una serie de formatos para encuesta y a la misma vez genera los resultados de las encuestas aplicadas. Se utilizó este medio de recolección de datos debido a que la mayoría de los estudiantes no se pudieron contactar personalmente, por lo que se decidió utilizar esta herramienta virtual.

A través de correos electrónicos y contactos en Facebook se facilitó el link de la encuesta obteniendo una respuesta de 16 estudiantes encuestados.

### **1.2. Prueba diagnóstica sobre los conocimientos previos.**

La prueba diagnóstica<sup>1</sup> acerca de los conocimientos previos es una prueba aplicada a los estudiantes de los grupos 4T1-Eo y 4N1-Eo que cursaron la asignatura de Sistema de Medición en el primer semestre 2014 para identificar el grado de aprendizaje de los conocimientos previos que poseían sobre las asignaturas de Circuitos Eléctricos I, Electrónica Analógica, Estadísticas Básica y Programación, necesarios para desarrollar esta asignatura. Se seleccionaron 30 estudiantes de cada grupo, obteniendo 60 pruebas resueltas.

Para determinar el nivel de conocimientos previos de los estudiantes, se estableció una escala del 1 al 5, donde el 1 indica “Deficiente”, 2 “Regular”, 3 “Bueno”, 4 “Muy bueno” y 5 “Excelente. Se utilizó el gráfico de barras para determinar la escala predominante de esta prueba diagnóstica.

---

<sup>1</sup> En anexo “A”: Prueba diagnóstica de conocimientos previos.

### 1.3. Test de Kolb.

El test de Kolb<sup>2</sup> fue aplicado a estudiantes de los grupos 4T1-Eo y 4N1-Eo que cursaron la asignatura de Sistemas de Medición para determinar el estilo de aprendizaje predominante. Los resultados de este test sirvieron de insumos para elaborar las actividades de las guías de laboratorio.

### 1.4. Entrevista.

Se aplicaron dos tipos de entrevista<sup>3</sup>, una fue dirigida a los docentes que habían impartido la asignatura de Sistema de Medición en el periodo 2007 – 2013, con el fin de obtener la valoración del docente sobre el desempeño de las guías de laboratorios, la aceptación que produjo en los estudiantes, las habilidades y aprendizaje que obtuvieron durante su desarrollo.

La otra entrevista<sup>4</sup> fue dirigida al docente asignado para impartir la asignatura de Sistemas de Medición en el grupo 4T2-Eo del primer semestre 2014 y que implementó las guías de laboratorios. Esta entrevista fue para obtener la valoración del docente hacia las guías de laboratorios, el contenido abordado en la guía, el desempeño observado en los estudiantes y la aceptación del docente hacia las guías de laboratorios.

Se presentó el caso donde un docente estaba fuera del país, por lo que se facilitaron las preguntas de la entrevista a través correo electrónico y así obtener sus opiniones y valoración de las guías que desarrolló cuando impartió la asignatura de Sistemas de Medición.

### 1.5. Encuesta final.

Para determinar la satisfacción de los estudiantes del grupo 4T1-Eo con las guías de laboratorios desarrollados para la asignatura de Sistema de Medición en el transcurso del primer semestre 2014, se les aplicaron una encuesta<sup>5</sup> a cada

---

<sup>2</sup> En anexo "B": Test de Kolb

<sup>3</sup> En anexo "C": Entrevistas a docentes que impartieron la asignatura.

<sup>4</sup> En anexo "D": Entrevista a docente del grupo 4T2-Eo

<sup>5</sup> En anexo "E": Encuesta final aplicada a los estudiantes.

estudiante tomando criterios que comprende el desempeño práctico de ellos, el aprendizaje adquirido, el contenido teórico de las guías, las limitaciones que se presentaron y las sugerencias por parte de los estudiante.

Para representar el resultado de cada uno de los criterios de evaluación se empleó el gráfico de barras.

Los criterios de evaluación que se tomaron en cuenta en la encuesta estaban conformada de la siguiente manera:

**a) Nivel de desempeño práctico:** El desempeño práctico correspondió a la aceptación de los estudiantes en el desarrollo de todas las guías de laboratorios de montaje y las de simulación, su nivel de satisfacción muestra el interés que se obtuvo con las guías propuestas para las prácticas de laboratorios de la asignatura de Sistema de Medición, para evaluar el nivel de desempeño práctico se utilizó la siguiente escala:

- Muy insatisfecho
- Insatisfecho
- Satisfecho
- Muy satisfecho

**b) Nivel de aprendizaje:** El nivel de aprendizaje está basado en la incidencia que tuvieron los contenidos de cada práctica de laboratorio para afianzar los conocimientos abordados en las sesiones de clases teóricas; por consiguiente se tomaron cuatro niveles de evaluación que determinan el aprendizaje adquirido en los laboratorios de montaje, de simulación y de LabVIEW. El nivel de aprendizaje corresponden a:

- Irrelevante
- Poco significativo
- Significativo
- Muy significativo



- c) **Nivel de contenido teórico:** Este criterio se tomó en cuenta a partir de los temas desarrollados en cada una de las guías de laboratorios. El nivel de contenido teórico consistió en determinar qué tan conveniente fue utilizar los contenidos presentados en las guías de laboratorios para afianzar los conocimientos de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

La escala de evaluación están dadas por:

- Inoportuno
- Poco oportuno
- Oportuno
- Muy oportuno

En este mismo nivel de evaluación se determinó el alcance que tuvo el contenido teórico en el aprendizaje de los estudiantes por cada uno de las guías de laboratorios desarrolladas; estableciendo los niveles de evaluación “Nada”, “Poco”, “Necesario” y “Suficiente”, indicados con escala del 1 al 4 respectivamente en un diagrama de barras.

En una escala de cero a cien por ciento de los conocimientos a aprender en el curso, se toma como “Poco” el nivel donde el estudiante aprendió dicho conocimiento entre un cero y un cincuenta y nueve por ciento; como “Necesario” el nivel donde el estudiante aprendió dicho conocimiento entre un sesenta y un setenta y nueve por ciento y “Suficiente” el nivel donde el estudiante aprendió dicho conocimiento entre un ochenta y un cien por ciento.

- d) **Limitaciones:** La sección comprendía aquellas limitaciones que afectaron el desarrollo satisfactorio de las guías de laboratorios, éstas incluyen la cantidad de tiempo destinada para la práctica, la utilidad del contenido y los materiales empleados para realizar las sesiones de laboratorio de montaje.

La respuesta a cada una de las limitaciones de este apartado están dadas por las opciones “Sí” y “No”, representadas en el gráfico 4 por un 1 para “Sí” y un 2 para “No”.

- e) **Sugerencias:** La importancia de conocer las sugerencias u opiniones de los estudiantes refleja la satisfacción que tuvieron los estudiantes y sus expectativas posteriores a las prácticas de laboratorios; de tal forma que dan un vistazo de las posibles mejoras que ellos mismo recomienda.

### 1.6. Software estadístico SPSS

El software estadístico SPSS fue utilizado para procesar los datos obtenidos de las encuestas aplicadas a los estudiantes, seleccionando los gráficos y tablas de datos que mejor se adecúen para la interpretación de los resultados generados por este programa.

### 1.7. El sensor RTD.

Se utilizó el sensor RTD PT-100 para la medición de temperatura tomado desde un cautín y observar su comportamiento mediante una gráfica elaborada papel milimetrado. Fue utilizado para el diseño de la guía de laboratorio de montaje que corresponde a las características estáticas y dinámicas de los sensores utilizando una RTD como instrumento de medición para la temperatura.

### 1.8. El sensor Termocupla tipo “K”.

El sensor termocupla fue usado para la medición de temperatura proporcionada por un cautín, abordando la utilidad de la tabla para la termocupla tipo “K” que proporciona el valor de la temperatura en función del voltaje generado; así como también el principio de compensación de ésta. Se usó como insumo para el diseño de la guía de laboratorio de montaje correspondiente a la medición de temperatura utilizando una termocupla.

### **1.9. Software de simulación Proteus 8 Professional.**

Dado que los laboratorios no contaban con los componentes necesarios para desarrollar guías de laboratorios de montaje que comprenden el uso de opamp para la construcción del amplificador de instrumentación se tuvo que desarrollar guías de laboratorios simuladas.

Este simulador fue una herramienta primordial para el diseño y desarrollo de dos guías de laboratorios, donde se construyó el circuito del puente de Wheastone, del amplificador de instrumentación junto con la utilización del microcontrolador PIC 16F877A.

### **1.10. El puente de Wheastone.**

El circuito del puente de Wheastone se utilizó para desarrollar la práctica de laboratorio correspondiente al elemento convertidor y procesador de variable. Empleando el simulador Proteus se construyó el circuito y se analizó su utilidad como elemento convertidor de variable a partir de la medición de una magnitud física.

### **1.11. El amplificador de instrumentación.**

Fue utilizado para el diseño y desarrollo de la guía de laboratorio correspondiente al elemento convertidor y procesador de variable. Con ayuda del simulador Proteus se construyó el circuito y se analizó el aporte en los Sistemas de Medición como elemento procesador de señal partiendo de la medición de una magnitud física simulada.

### **1.12. Plataforma de programación LabVIEW.**

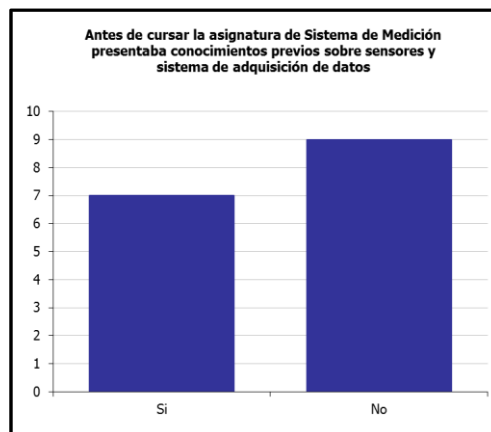
Debido que solamente existía una tarjeta DAQ en el laboratorio de Automatización imposibilitando el desarrollo de una práctica de montaje utilizando dicha tarjeta se decidió usar la plataforma de programación LabVIEW para el diseño de un sistema de adquisición de datos.

## 2. Diseño.

El diseño de las guías de laboratorios fue a partir del análisis de las encuestas aplicadas a los estudiantes, las pruebas diagnósticas, el test de Kolb y de las entrevistas a docentes.

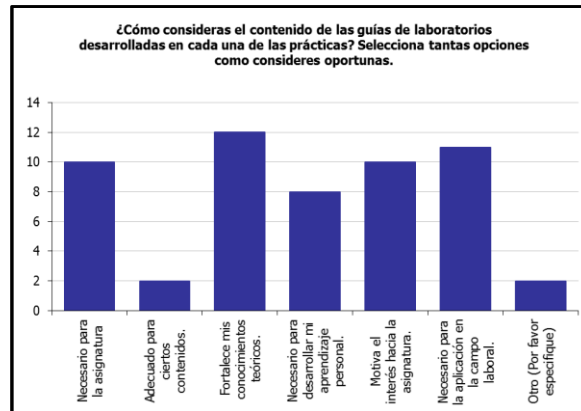
### 2.1. Encuestas aplicadas a los estudiantes que cursaron la asignatura de Sistemas de Medición en el periodo 2010-2013

El Gráfico 1 muestra que la mayoría de los estudiantes que cursaron la asignatura de Sistemas de Medición en el periodo 2010-2013 carecían de conocimientos sobre sensores y sistemas de adquisición de datos antes de cursar la asignatura, donde la opción más elegida fue “No” que representa el 56.25 % de los estudiantes.



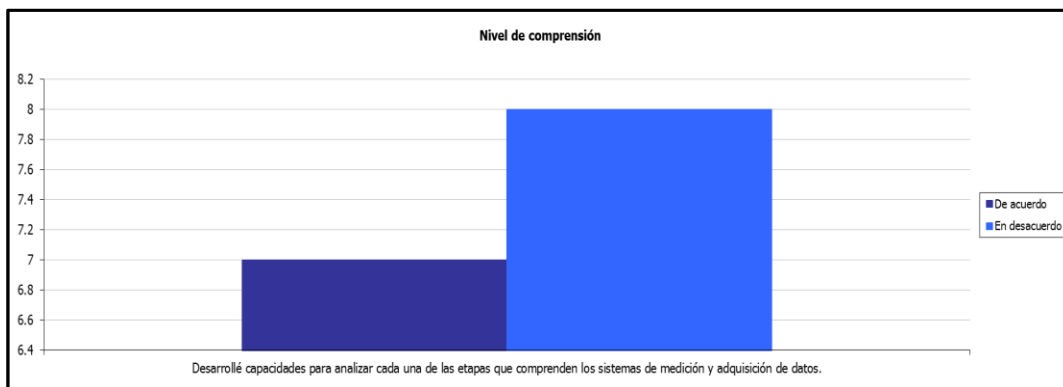
**Gráfico 1.** Resultado de los estudiantes encuestados.

El resultado del Gráfico 2 muestra las consideraciones de los estudiantes sobre el contenido de las prácticas de laboratorios desarrolladas en la asignatura de Sistemas de Medición, donde el 75% de los estudiantes señalaron que los contenidos de las guías de laboratorios fortalecen los conocimientos teóricos y son necesarias para la aplicación en el campo laboral, además el 68.75% indicaron que también son necesarios para afianzar los contenidos teóricos de la asignatura.



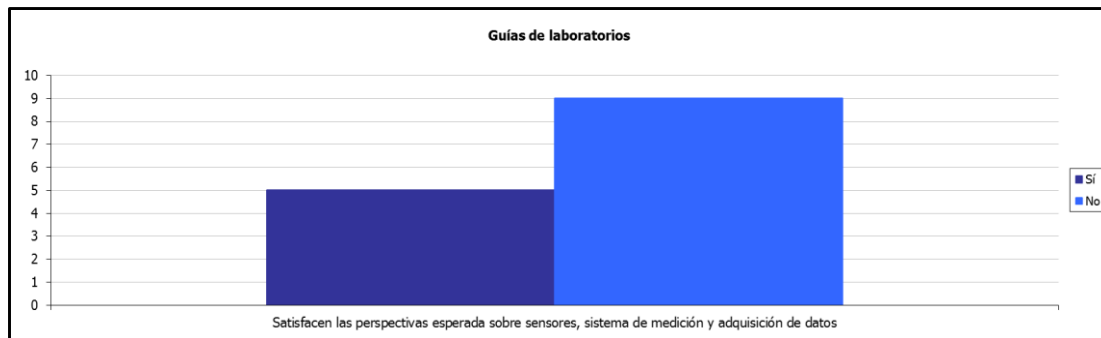
**Gráfico 2.** Resultado de los estudiantes encuestados.

Se les consultó a los estudiantes sobre sus capacidades para analizar el proceso que ocurre en los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos y el 43.75% de los estudiantes indicaron que están “De acuerdo” en el desarrollo de capacidades para analizar las etapas de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos, mientras que el 56.25 % señalaron que están “En desacuerdo” según el resultado del Gráfico 3.



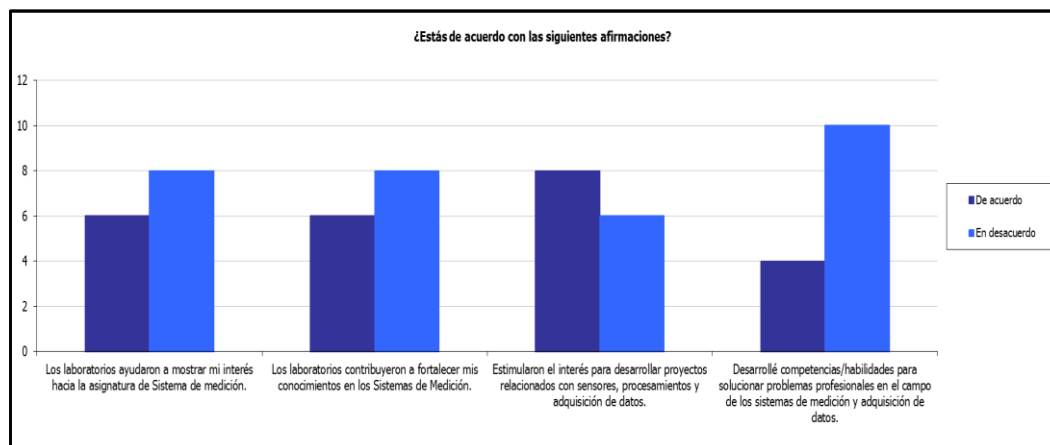
**Gráfico 3.** Resultados de los estudiantes encuestados.

El resultado del Gráfico 4 representa la expectativa de los estudiantes sobre las guías de laboratorios y, según el gráfico, el 56.25 % señalaron una insatisfacción de las expectativas esperadas sobre sensores, sistemas de medición y adquisición de datos, pues la opción más elegida fue que “No” satisfacen sus expectativas. Esto implica que los estudiantes mostraron desinterés en el desarrollo de las guías de laboratorios y, por ende, la deficiencia de conocimientos sobre esta temática.



**Gráfico 4.** Resultados de los estudiantes encuestados.

El Gráfico 5 muestra el resultado del desempeño de los laboratorios en los estudiantes para la comprensión de los fundamentos de Sistemas de Medición; de acuerdo al gráfico, la mayoría de los estudiantes indicaron que están “En Desacuerdo” con los indicadores planteados.



**Gráfico 5.** Resultado de los estudiantes encuestados.

En base a los resultados del Gráfico 5, solamente el 37.5% de los estudiantes señalaron que están “De acuerdo” con que los laboratorios ayudaron a motivar el interés hacia la asignatura.

El 62.5% de los estudiantes indicaron que están “En desacuerdo” en el desarrollo de habilidades para solucionar problemas en el campo de los sistemas de medición y adquisición de datos con las guías desarrolladas.

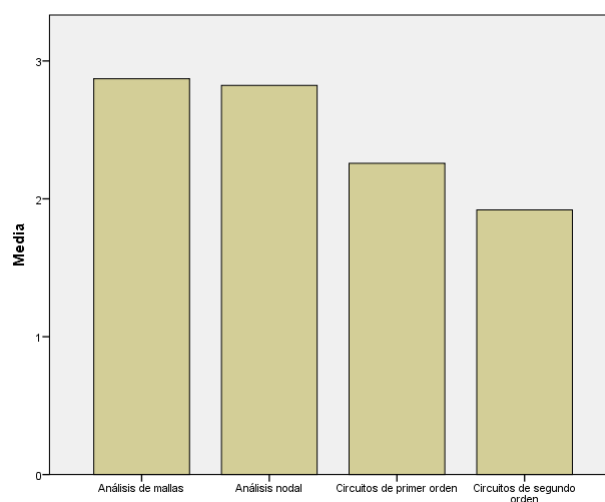
Como punto final de la encuesta se les solicitó a los estudiantes que ofrecieran sugerencias de mejora hacia las prácticas de laboratorios, las cuales están reflejadas en el siguiente cuadro:

	<b>Sugerencias de mejora</b>
1	Los laboratorios deben estar enfocados a la aplicación práctica de la industria, manipulando dispositivos que se encuentran en el campo laboral.
2	Conseguir más y mejores sensores y realizar pruebas más exhaustivas.
3	Laboratorios, no hubo mucho laboratorios para esta asignatura.
4	Sería excelente realizar bastantes prácticas de laboratorios acerca de sensores y adquisición de datos, ya que cuando llevé esta clases solo era teoría.
5	Sugiero más prácticas de laboratorios en simulaciones un poco más reales al campo laboral y con equipo más calificado.
6	Que se brinden más herramientas y dispositivos en los laboratorios por la universidad.

## 2.2. Prueba diagnóstica sobre los conocimientos previos.

### a) *Conocimientos previos de Circuitos Eléctricos I.*

El Gráfico 6 representa los resultados obtenidos para la asignatura de Circuitos Eléctricos I y los contenidos esenciales que se tomaron en cuenta para determinar los conocimientos previos de los estudiantes.

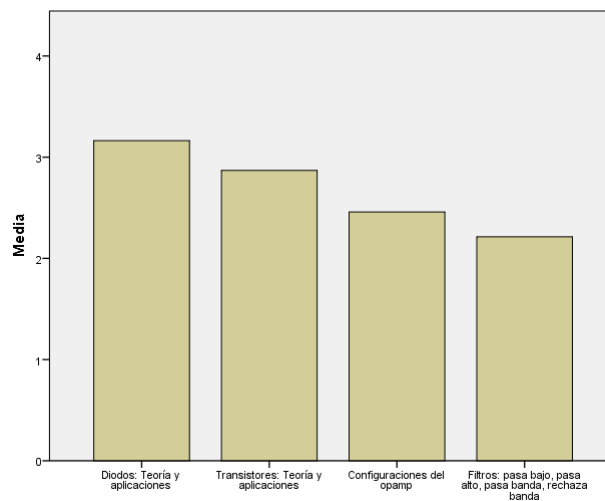


**Gráfico 6.** Resultados de Circuitos Eléctricos I

De acuerdo al Gráfico 6, se observa que sus conocimientos previos en los contenidos de “*Análisis de mallas*” y “*Análisis nodal*” se encuentran en “Bueno”. En cambio, los conocimientos previos en “*Circuitos de primer orden*” y “*Circuitos de segundo orden*” son “Regular”.

Por lo tanto, los conocimientos predominantes de Circuitos Eléctricos I en los estudiantes de ambos grupos radican en los contenidos de “Análisis de malla” y “Análisis nodal”, que de cierta forma les son útiles para la asignatura de Sistemas de Medición.

### **b) Conocimientos previos de Electrónica Analógica I.**



**Gráfico 7. Resultados de Electrónica Analógica I**

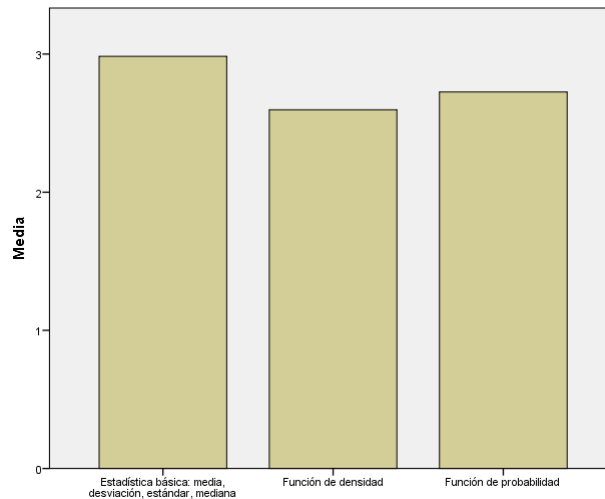
El Gráfico 7 muestra los principales contenidos que se tomaron en cuenta para la asignatura de Electrónica Analógica I, donde el resultado obtenido fue que los estudiantes presentaron un nivel de conocimiento previo de “Bueno” en los contenidos de “*Diodos. Teoría y aplicaciones*” y de “*Transistores. Teoría y aplicaciones*”. Mientras que en los otros contenidos, referidos a Opamp y filtros, sus conocimientos previos son “Regular”.

Este resultado indica que los estudiantes presentan un conocimiento básico de esta asignatura, pero principalmente se refleja que los conocimientos más predominantes en los estudiantes son lo que respecta a diodos y a transistores.



**c) Conocimientos previos de Estadística Básica.**

Para la asignatura de estadística básica se tomaron solamente tres contenidos, mostrados en el Gráfico 8, según los resultados de esta prueba se determinó que los estudiantes presentan un nivel “Bueno” de conocimientos previos en los contenidos de “*Estadística básica: media, desviación estándar, mediana*”, “*Función densidad*” y “*Función de probabilidad*”.

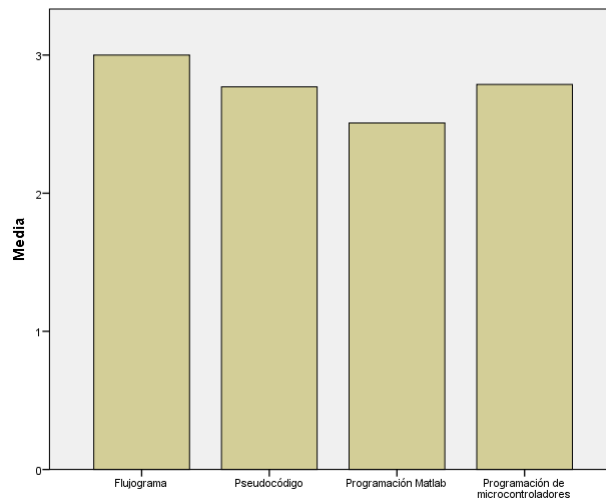


**Gráfico 8.** Resultados de Estadística Básica.

El gráfico anterior refleja que los estudiantes poseen conocimientos generales de estos contenidos.

**d) Conocimientos previos de Programación**

El Gráfico 9 nos muestra el resultado de los conocimientos previos en los distintos contenidos de la asignatura de Programación; de forma general, los estudiantes se distinguieron en el nivel “Bueno” de conocimientos en los contenidos de esta asignatura. Con este resultado, se determinó que es posible diseñar una guía de laboratorio aplicando los conocimientos de programación en la asignatura de Sistema de Medición.

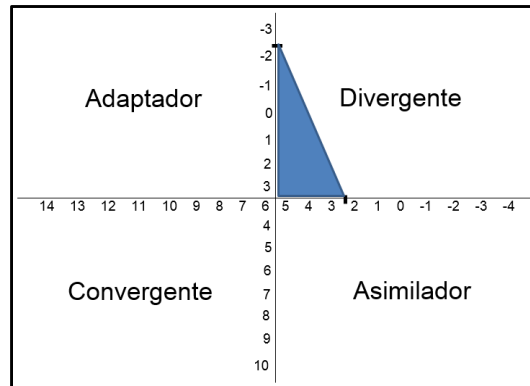


**Gráfico 9.** Resultados de Programación.

En base a los resultados obtenidos en esta prueba se determinó que los estudiantes presentan un nivel de conocimiento “Bueno” en la mayoría de los contenidos correspondientes a las asignaturas de Circuitos Eléctricos I, Electrónica Analógica I, Estadística Básica y Programación; permitiendo que durante el proceso de diseño de las guías de laboratorios la elaboración de actividades de aprendizaje que reflejaran la aplicación práctica de sus conocimientos previos a los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

### **2.3. Test de Kolb.**

El resultado del test de Kolb se muestra en la figura 1, en donde refleja que el estilo de aprendizaje de los estudiantes de ambos grupos es “Divergente”. Según Kolb, señala que las personas con este tipo de estilo de aprendizaje se desempeñan mejor en cosas o experiencias concretas (E.C.) y en la observación reflexiva (O.R.), en donde su punto más fuerte es su capacidad imaginativa. Las personas con este tipo de aprendizaje operan mejor a ambientes donde se requiera la producción de ideas.



**Figura 1.** Resultado del test de Kolb.

A partir de este resultado, las guías fueron elaboradas con actividades puntuales, con el contenido teórico conveniente y procedimientos concretos, de tal forma que los estudiantes observaran y analizaran el desarrollo de cada actividad de las prácticas de laboratorios.

#### **2.4. Entrevistas a docentes que impartieron la asignatura de Sistema de Medición entre el periodo 2007-2013**

##### **a) Entrevista a MSc. María V. Moncada Balmaceda**

De la entrevista elaborada a MSc. María Moncada se destaca que los estudiantes mostraron mayor interés cuando realizaron prácticas de laboratorios de montaje, además plantea el desarrollo de prácticas que comprendan la medición de temperatura con algún tipo de sensor.

También expresa que los laboratorios de Sistemas de Medición refuerzan conocimientos de Circuitos Eléctricos, de Electrónica Analógica y sobre todo de instrumentación electrónica.

##### **b) Entrevista al Ing. Carlos Ruíz.**

El Ingeniero Carlos Ruíz impartió por primera vez la asignatura de Sistema de Medición en el año 2012 y plantea que la guías de laboratorios poseían vacíos pedagógicos y de contenido, sobre todo en las de LabVIEW; observó la inconformidad de los estudiantes con las guías de laboratorios. Con respecto a las

guías de montaje menciona que la escases de componentes conllevó a que los puestos de trabajo del laboratorio se saturaran de estudiantes.

Cuando volvió a impartir la asignatura en el año 2013, expresa que no evaluó laboratorio, sino que le dio mayor calificación a la teoría impartida y sustituyó, de cierta forma, las guías de laboratorios de LabVIEW por tutoriales explicativos para el manejo de este software donde los conocimientos adquiridos sería implementados por los estudiantes para implementarlo en el proyecto de curso

## **2.5. Diseño de guías de laboratorios.**

Para el diseño de las guías<sup>6</sup> de laboratorios se tomó en cuenta el programa de asignatura de Sistema de Medición de la carrera de Ingeniería Electrónica seleccionando los contenidos oportunos e identificando los dispositivos disponibles en el laboratorio de Automatización y Control, con el propósito de que las prácticas de laboratorios abarcaran los elementos de un Sistema de Medición y Adquisición de datos.

Seguidamente se elaboraron experimentos en el laboratorio de Automatización y Control tanto de montaje como de simulación. Se seleccionaron los sensores RTD PT-100 y de la Termocupla tipo “K”, con los cuales se realizaron diversos experimentos con la ayuda de un caudín para la medición de temperatura. Eligiendo el experimento adecuado se procedió al diseño de la guía de laboratorio correspondiente a los sensores mencionados tomando en cuenta el periodo de tiempo que abarca una sesión de clases.

Los experimentos simulados se realizaron utilizando el software de simulación Proteus, se seleccionó los fundamentos del puente del Wheastone, del amplificador de instrumentación y de las funciones del microcontrolador PIC16F77A con la aplicación a los Sistemas de Medición. Eligiendo el experimento adecuado se procedió al diseño de la guía de laboratorio.

---

<sup>6</sup> En anexo “F”: Guías de laboratorios.

Se diseñaron cinco guías de laboratorios que abarcan los principios de funcionamiento de cada uno de los elementos de un Sistema de Medición y Adquisición de Datos (elemento sensor, elemento convertidor y procesador de variable, elemento presentación de la magnitud física y el elemento de adquisición de datos); de tal forma que las guías de laboratorios abarcaron en análisis de cada uno de los elementos descritos anteriormente.

El diseño de las guías de laboratorio fue elaborado a medida que se desarrollaban las sesiones de laboratorios; de tal forma que el primer subgrupo del 4T1-Eo recibió el primer diseño de las guías de laboratorios analizando el desempeño de los estudiantes, el tiempo con que desarrollaban la práctica, la comprensión de cada una de las actividades de la guía y determinando así las posibles modificaciones para las próximas guías de laboratorios. Luego el primer subgrupo del 4N1-Eo recibió el segundo diseño de la guía de laboratorio mejorada a partir de la experiencia del primer subgrupo del 4T1-Eo.

Una vez elaboradas las modificaciones de la guía de laboratorio que se desarrolló en los dos primeros subgrupos de laboratorio, los siguientes dos subgrupos recibieron un tercer diseño de la guía de laboratorio y siendo ésta la definitiva. Es preciso mencionar que la actividad descrita anteriormente no sucedió para el diseño e implementación de todas las guías, pues se conoció el ritmo de los estudiantes a base de las primeras experiencias que fue suficiente para un único diseño de guía de laboratorio implementado luego a los demás subgrupos, elaborando solamente pequeños cambios.

Las guías de laboratorios diseñadas se describen a continuación, así como también una síntesis del contenido de la guía:

**a) Laboratorio 1. Primer diseño:** *Analizar las características estáticas y dinámicas de los instrumentos de medición utilizando una RTD como instrumento de medición para la temperatura.*

El requisito para realizar el primer laboratorio de Sistemas de Medición fue la solución del trabajo previo, la cual consistió en una síntesis de las características

más importantes de los instrumentos de medición y de los elementos que constituyen un Sistema de Medición mediante preguntas de investigación.

El laboratorio fue de montaje y consistió en dos partes, la medición de la temperatura de un caudal utilizando un sensor RTD – PT 100 y la implementación del puente de Wheastone como elemento convertidor de variable partiendo de la medición con el sensor RTD, además de preguntas de reflexión respecto a la práctica desarrollada y la elaboración de gráficas de los valores obtenidos.

**b) Laboratorio 1. Segundo diseño:** *Características estáticas y dinámicas de los sensores utilizando una RTD como instrumento de medición para la temperatura.*

El segundo diseño del laboratorio 1 se nombró “Características estáticas y dinámicas de los sensores utilizando una RTD como instrumento de medición para la temperatura” y consistió en la medición de temperatura utilizando el sensor RTD donde se analizó su funcionamiento y comportamiento utilizando un papel milimetrado para representar la gráfica correspondiente. Dentro de las mejoras al primer diseño de la guía de laboratorio 1 consistió en aclarar ciertos procedimientos en la medición con el sensor RTD y suprimir la actividad que corresponde a la utilización del puente de Wheastone para la medición de temperatura, a cambio se agregó una actividad donde reflejara las características estáticas presente en el sensor RTD al momento que se sumerge varias veces en un recipiente con agua luego se ser calentado durante un determinado tiempo apoyado con preguntas de aprendizaje. Con las modificaciones elaboradas fue la que se seleccionó como guía definitiva para la primera práctica de laboratorio.

**c) Laboratorio 2:** *Elemento convertidor y procesador de variable.*

- *El puente de Wheastone.*
- *El amplificador de instrumentación.*

El segundo laboratorio fue simulado y consistió en identificar los parámetros que caracterizan a los elementos convertidor y procesador de variable para la adecuada medición de una magnitud física. En esta guía de laboratorio el trabajo previo radicó,

primeramente, en deducir la ecuación que determina la temperatura a la salida del amplificador de instrumentación con la conexión del puente de Wheastone, para luego identificar la importancia de la ganancia de un amplificador de instrumentación en la medición de una magnitud física brindada por el elemento sensor, para lo cual los estudiantes deben aplicar conocimientos del laboratorio de RTD, de Circuitos Eléctricos I y de Electrónica Analógica I para realizar los cálculos y analizar los valores presentados.

**d) Laboratorio 3:** *Medición de temperatura utilizando la termocupla.*

La tercera práctica de laboratorio se desarrolló en el laboratorio de Automatización y Control, ya que consistió en una práctica de montaje utilizando el sensor Termocupla para la medición de la temperatura con el apoyo de la tabla de la termocupla tipo K y el principio de la compensación de ésta.

El trabajo previo consistió en presentar la tabla de la termocupla tipo “K” para obtener los valores de la temperatura en función del voltaje generado; el código de colores de las termocuplas con sus respectivos estándares y en describir los elementos que constituyen un sistema de medición.

**e) Laboratorio 4.** *Presentación de la variable de medición.*

La guía de laboratorio cuatro fue a manera de simulación y consistió en considerar el conjunto de elementos de un Sistema de Medición para analizar el funcionamiento del elemento presentación de la señal, por lo que se retomaron los conocimientos adquiridos de las prácticas de laboratorio anteriores y resolver las actividades indicadas en la guía de laboratorio.

Ésta guía se basa en el elemento presentación de la señal, donde se utilizó las funciones del microcontrolador PIC 16F877A para que, mediante la elaboración de un código, muestre el valor de la temperatura proporcionada por una termocupla compensada por una RTD PT-1000 brindando el valor real de la temperatura en una LCD.

**Laboratorio 5:** *LabVIEW para el diseño de sistemas de adquisición de datos mediante la programación de VIs.*

Este laboratorio se elaboró con la intención de que los estudiantes desarrollaran los conocimientos necesarios para el diseño de sistemas de adquisición de datos en la plataforma de programación LabVIEW. El laboratorio consistió en el diseño de un VI que emule la adquisición de datos para un sensor que determina el nivel de agua de un tanque.

Por lo que es necesario determinar la ecuación para el sensor que relaciona la altura del tanque (nivel) con respecto al voltaje del sensor a partir de las características de éste apoyado de un esquema que muestra el proceso de adquisición de datos del sistema.

La estructura de las guías de laboratorio consta de la siguiente manera:

- a) El **Tema** de la práctica de laboratorio.
- b) **Objetivos:** Se plantea el logro que se persigue con la práctica de laboratorio.
- c) **Marco teórico:** En el marco teórico está la teoría fundamental necesaria para la comprensión del tema de la práctica de laboratorio.
- d) **Actividades previas:** Es el trabajo previo que se debe elaborar, siendo primordial para el desarrollo de la guía de laboratorio.
- e) **Desarrollo experimental:** En esta sección se encuentran los materiales que se utilizarán, las actividades que se desarrollarán en la práctica, actividades complementarias y las preguntas de reflexión.
- f) **Conclusiones.**
- g) **Informe:** Se indica la forma en que debe entregarse los resultados de la práctica de laboratorio.
- h) **Referencias bibliográficas:** Son las referencias que sustentan el marco teórico.



### **3. Implementación de las guías de laboratorios.**

Este proyecto contó con la participación de 40 estudiantes en el grupo 4T1-Eo y 38 estudiantes en el grupo 4N1-Eo inscritos oficialmente en el curso de Sistemas de Medición; también participaron 32 estudiantes del grupo 4T2-Eo quienes estaban a cargo de la MSc. Dora Reyes.

Debido a la cantidad de estudiantes, se decidió dividir a cada grupo de clase en 2 subgrupos para el desarrollo de las prácticas de laboratorios de montaje y de simulación teniendo en cuenta que el laboratorio de Automatización y Control de la F.E.C. solamente cuenta con siete puestos de trabajo donde normalmente se ubican a dos estudiantes por cada puesto, pero en algunos casos hubo la necesidad de ubicar a tres estudiantes por puesto.

En esta misma sección se presenta el desempeño de los estudiantes que consistió en identificar el comportamiento que presentaron durante el desarrollo de cada una de las guías de laboratorios correspondiente al contenido abordado en las guías, al manejo de los materiales destinado a la práctica, a la comprensión de cada una de las actividades descritas en la guía, al trabajo cooperativo, al aprendizaje promovido, entre otros aspectos.

Con la participación de cuatro subgrupos de laboratorios, dos por cada grupo de clase, se estableció el día lunes para la realización de las prácticas de laboratorios tanto para el grupo 4T1-Eo como para el 4N1-Eo, de tal forma dos subgrupos recibió la sesión de laboratorio el mismo día y semana de por medio, disponiendo con dos semanas para el diseño de cada una de las guías de laboratorios.

Dentro de los métodos de evaluación de los aprendizajes en los estudiantes, se decidió seleccionar el método de la observación intencional, debido al tipo de trabajo desarrollado, planteándose una serie de parámetros para evaluar el desempeño de los estudiantes reflejados durante la práctica de laboratorio.

A continuación se describe el desempeño de los estudiantes durante la implementación de las guías de laboratorios diseñadas. En esta descripción se

presenta primeramente el tema de la práctica de laboratorio, luego el grupo de clase y seguidamente el desempeño del subgrupo de laboratorio siguiendo la secuencia con que se desarrolló cada uno de los laboratorios.

**3.1. Laboratorio 1. Primer diseño:** *Analizar las características estáticas y dinámicas de los instrumentos de medición utilizando una RTD como instrumento de medición para la temperatura.*

- **Grupo 4T1-Eo:**

Subgrupo 1.

Los estudiantes presentaron el trabajo previo y se tomó unos quince minutos para diagnosticar, mediante preguntas de control, el conocimiento adquirido con las actividades previas y una breve explicación sobre el contenido de la guía y la dinámica de la práctica de laboratorio promoviendo un ambiente de enseñanza – aprendizaje con la participación de los estudiantes.

En esta práctica se observó claramente que los estudiantes manipularon por primera vez un tipo de sensor, pues desconocían la apariencia física del instrumento. Una vez iniciada la práctica se notó cierta confusión al momento de realizar la medición de acuerdo a los procedimientos descritos en la guía de laboratorio, así mismo en las anotaciones de la temperatura según el cuadro reflejado en la guía de laboratorio.

Durante la práctica de laboratorio también se observó que los estudiantes requirieron mucho tiempo para anotar las mediciones del sensor, realizar los cálculos solicitados y elaborar las gráficas a partir de los resultados, por lo que la intervención del docente fue bastante evidente en cada uno de los puestos de trabajo para aclarar dudas al respecto.

Por lo tanto, no se pudo terminar la segunda parte indicada en la guía de laboratorio, donde también se solicitaba la medición de temperatura y la anotación de los valores

obtenidos utilizando el puente de Wheastone; así que se decidió posponer el laboratorio para terminarlo en la siguiente sesión.

- **Grupo 4N1-Eo:**

- Subgrupo 1.

En base a la primera experiencia y previendo que el subgrupo de la noche contaba con menos tiempo, se omitieron varias actividades, como las gráficas, preguntas de reflexión y cálculos, pero asignadas para la entrega del informe, limitándose solamente a las mediciones solicitadas en la guía de laboratorio. Se utilizó la misma guía desarrollada por los estudiantes de la tarde, debido a que aún no se contaba con los insumos para la mejora de las actividades en la guía.

El inconveniente del turno nocturno es que los estudiantes siempre llegan un poco después de la hora inicial de la clase, esto es justificable por el hecho que ellos trabajan y a la mayoría se les dificulta la llegada puntual. Ante esto, fue necesario optimizar el tiempo, sobre todo en el diagnóstico de sus conocimientos adquiridos por el trabajo previo y la explicación del contenido de la guía así como la dinámica de la práctica de laboratorio.

Se observó que los estudiantes rápidamente comprendieron las actividades de la guía de laboratorio con la explicación brindada; al igual que en el turno de la tarde, fue la primera vez en que ellos manipulaban un tipo de sensor. Durante el desarrollo de la práctica, los estudiantes solicitaban orientación del docente para realizar la medición con el sensor, así como también de los cálculos y las anotaciones correspondientes a la tabla indicada en la guía.

El interés de este laboratorio consistió en la medición de temperatura por motivos de tiempo, así que los estudiantes desarrollaron las actividades correspondientes a la medición de temperatura con el sensor RTD y la utilización del puente de Wheastone para comprender la función de éste en los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

Por lo tanto, los estudiantes del subgrupo 1 del 4N1-Eo concluyeron las mediciones solicitadas en la guía de laboratorio, quedando pendiente la solución de las preguntas de reflexión, gráficas y conclusiones de la práctica para el informe del laboratorio.

- ***Reposición de laboratorio 1:***

La reposición del laboratorio consistió en la medición de temperatura utilizando el puente de Wheastone, que fue la actividad pendiente de la sesión anterior. En esta práctica los estudiantes construyeron el puente de Wheastone en conexión con el sensor RTD PT-100 para realizar las mediciones solicitadas en la guía de laboratorio.

Subgrupo 1. Grupo 4T1-Eo.

En esta sesión de laboratorio, los estudiantes fueron más hábiles para desarrollar la práctica, pues ya tenían los conocimientos de la primera práctica sobre el sensor utilizado, por lo que realizaron las mediciones pertinentes y los cálculos solicitados. Finalizando el laboratorio, se evaluaron los conocimientos adquiridos mediante preguntas de control y se diagnosticó que habían comprendido los objetivos de la práctica.

**3.2. Laboratorio 1. Segundo diseño:** *Características estáticas y dinámicas de los sensores utilizando una RTD como instrumento de medición para la temperatura.*

- **Grupo 4T1-Eo**

Subgrupo 2

Dentro del laboratorio de Automatización y Control los estudiantes presentaron a mano el trabajo previo, utilizado para diagnosticar el conocimiento adquirido mediante preguntas de control promoviendo la participación entre estudiante y docente. Así mismo, se aprovechó para explicar el contenido de la guía y la dinámica de la práctica de laboratorio.

Como era de esperarse, los estudiantes del subgrupo 2 manipularon por primera vez un sensor. En el desarrollo de la práctica de laboratorio se observó que los cambios elaborados en los procedimientos fueron apropiados, pues la intervención del docente disminuyó en comparación con el subgrupo 1 y los estudiantes realizaron las mediciones apropiadamente.

Durante el desarrollo de la actividad práctica se observó la comprensión de los estudiantes respecto al funcionamiento del sensor ante la medición de temperatura proporcionada por un caudín, pues se empleó preguntas diagnósticas para evaluar su aprendizaje. Así mismo, la gráfica solicitada en la guía fue adecuadamente elaborada en papel milimetrado para mostrar el comportamiento del sensor RTD PT-100 afianzando los conocimientos adquiridos en esta actividad.

Con las modificaciones elaboradas el tiempo ajustó para desarrollar la segunda actividad de la guía; en esta los estudiantes estuvieron un poco confundido, pues se solicitaba realizar varias veces el mismo procedimiento, pero a través de una breve explicación a ciertos puestos de trabajo los estudiantes aclararon las dudas, solamente quedando pendiente cálculos estadístico para el informe del laboratorio abordado.

Siempre se utilizaron las preguntas diagnósticas mientras los estudiantes desarrollaban la práctica y en esta actividad la mayoría de las respuestas de los estudiantes estuvieron coherente a la teoría que de los instrumentos de medición.

Al finalizar el tiempo correspondiente a la sesión de laboratorio, los estudiantes desarrollaron todas las actividades de la guía de laboratorio cumpliendo con los objetivos establecidos en la guía de laboratorios. Se observó la comprensión de un nuevo conocimiento en los estudiantes afianzando los temas abordados en las sesiones de clases.

- **Grupo 4N1-Eo**

- Subgrupo 2.

Los estudiantes del turno nocturno utilizaron el segundo diseño de la guía de laboratorio desarrollado por los estudiantes de la tarde. En este subgrupo también se observó que los estudiantes manipularon por primera vez el sensor. Apoyado de la tarea previa asignada con anterioridad se elaboraron preguntas de control para determinar el nivel de conocimiento que obtuvieron de la investigación previa, brindando también una breve explicación de los procedimientos de la práctica de laboratorio.

Las preguntas de control fueron adecuadamente contestadas y en el transcurso de la práctica se notó que algunos estudiantes mostraron ciertas dudas en la forma de realizar las mediciones, siendo debidamente aclaradas. Al momento de desarrollar la práctica, se notó que el ritmo de la mitad de los estudiantes no fue tan dinámica, es decir, mostraron una actitud pasiva al realizar las mediciones.

Con la gráfica solicitada en la guía lograron comprender el comportamiento de la RTD ante la medición de temperatura, pues para la mayoría de los estudiantes asumieron que la respuesta del sensor durante la medición era lineal.

En la segunda actividad los estudiantes desarrollaron los procedimientos sin ninguna dificultad, solamente se crearon las dudas respecto a cálculos estadísticos que aún no se habían abordado en clases y que por lo tanto fue asignado para el informe del laboratorio. A medida que los estudiantes mostraban los resultados finales se diagnosticó el conocimiento adquirido a través de las respuestas a las preguntas de reflexión de la segunda actividad, aunque no fue posible para todos los estudiantes por el tiempo que duraron en realizar las mediciones.

El resultado de esta práctica fue que los estudiantes terminaron las actividades indicadas en la guía de laboratorio, comprendieron los objetivos de la práctica y desarrollaron habilidades y conocimientos para la utilización del sensor, elaboraron adecuadamente las gráficas solicitadas y realizaron los cálculos correspondientes.

### 3.3. Laboratorio 2: *Elemento convertidor y procesador de variable.*

- *El puente de Wheastone.*
- *El amplificador de instrumentación.*

- **Grupo 4T1-Eo**

Subgrupo 1.

La práctica se llevó a cabo en el laboratorio de Simulación desarrollada de manera individual con la intención de promover el análisis y comprensión de cada uno de los estudiantes respecto los elementos convertidor y procesador de variable. En este laboratorio, la mayoría de los estudiantes fallaron en la entrega del trabajo previo, solamente dos estudiantes realizaron el cálculo solicitado en la guía, pero sin obtener la respuesta correcta.

Ante esto, se decidió explicar el procedimiento para determinar la ecuación que indica la temperatura a la salida del circuito presentado en la guía junto con la participación de los estudiantes y en base al aprendizaje adquirido en la práctica de RTD para formular la ecuación mencionada, así mismo se explicaron las actividades indicados en la guía de laboratorio.

En el transcurso del laboratorio se notó que los estudiantes estaban atento al montaje del circuito y a la simulación del mismo en Proteus 8, a como también la colaboración entre ellos para el manejo de software de simulación. Hubo ciertas dudas de algunos estudiantes con respecto a las tablas indicadas en la guía para la anotación de la medición siendo necesaria la intervención del docente.

En esta sesión de laboratorio también se observó que la mayoría de los estudiantes les tomó tiempo para construir el circuito del convertidor y procesador de variable en el simulador y los cálculos pertinentes para completar las tablas. De acuerdo al diagnóstico observado, los estudiantes comprendieron la función que ejerce la ganancia de un amplificador de instrumentación y su utilización en los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos al momento de la medición de una magnitud física.

Ciertos estudiantes mostraron desinterés por la práctica, pero fue por la inasistencia en el laboratorio anterior, por lo tanto reflejaron la incompreensión del significado de la práctica, pero sí lograron realizar la mayoría de las actividades indicadas en la guía de laboratorio.

Finalizando la sesión de laboratorio se pudo notar que los estudiantes adquirieron un aprendizaje significativo en la práctica, pues mediante la supervisión hacia los estudiantes se diagnosticó que obtuvieron un aprendizaje significativo con los procedimientos desarrollados en el laboratorio; por lo tanto, con la guía implementada la mayoría de los estudiantes pudieron desarrollar la práctica en el tiempo establecido y no hubo necesidad del diseño de otra guía de laboratorio.

- **Grupo 4N1-Eo**

- Subgrupo 1.

Los estudiantes del turno nocturno utilizaron la misma guía de laboratorio desarrollada por los estudiantes de la tarde. La sesión de laboratorio inició con la explicación del funcionamiento del circuito convertidor y procesador de variable conformado por el puente de Wheastone y el Amplificador de Instrumentación.

Para ésta sesión todos los estudiantes fallaron en la entrega del trabajo previo, por lo que fue necesario la explicación del procedimiento para determinar la ecuación que define la temperatura a la salida del circuito presentado en la guía junto con la participación de los estudiantes y en base al aprendizaje que adquirieron en la práctica de RTD para formular la ecuación mencionada.

Con la explicación brindada los estudiantes comenzaron a desarrollar la práctica de laboratorio construyendo el circuito en el simulador. Cabe mencionar que la práctica de laboratorio se realizó de forma individual con la intención de que los estudiantes desarrollaran sus propias habilidades para el análisis y comprensión de las actividades.

En el transcurso de la práctica de laboratorio se observó que la mayoría de los estudiantes presentaron dificultades para comprender las actividades en la guía y



el cálculo de la temperatura simulada, esto fue debido a que no habían leído con anticipación la guía de laboratorio sobre todo el marco teórico de la guía, siendo éste primordial para comprender los cálculos, sino que la mayoría de los estudiantes hasta en ese momento habían descargado la guía de laboratorio.

Sin embargo, tres estudiantes sí lograron analizar la guía con anticipación por lo que no se les dificultó la solución de las actividades, así mismo comprendieron cada una de las actividades indicada por la guía y por ende entendieron el funcionamiento del elemento convertidor y procesador de variable.

Los demás estudiantes hicieron su mayor esfuerzo por comprender y desarrollar las actividades de la guía de laboratorio, las preguntas hacia el docente fue para la aclaración de dudas respecto a los cuadros indicados en la guía. Durante ese tiempo se diagnosticó que los estudiantes iban comprendiendo el funcionamiento del puente de Wheastone junto con el Amplificador de Instrumentación, poco a poco fueron resolviendo las actividades, sin embargo, el tiempo no les ajustó para terminar toda la guía de laboratorio.

La conclusión obtenida de este subgrupo es que los estudiantes se descuidaron en estudiar la guía de laboratorio con anticipación, lo que les acarreó dificultad en el desarrollo de la práctica simulada, pero comprendieron de manera general el funcionamiento y aplicación del elemento convertidor y procesador de variable. Una pequeña cantidad de estudiantes desarrollaron por completo la guía de laboratorio e incluso llevaron elaborado el circuito presentado en la guía de laboratorio.

- **Grupo 4T1-Eo**

- Subgrupo 2.

Como se mencionó anteriormente, se diseñó solamente una guía para la segunda práctica de laboratorio, siendo innecesario elaborar algún tipo de mejora de acuerdo a las experiencias obtenidas por los dos subgrupo anteriores, por tal motivo la guía fue entregada con anticipación a los estudiantes del subgrupo 2.

El desarrollo de la práctica de laboratorio fue individual con el propósito de promover, en cada estudiante, el conocimiento necesario de los fundamentos que caracterizan al elemento convertidor y procesador de variable. Una vez iniciada la sesión de laboratorio, se reflejó que los estudiantes no presentaron el trabajo previo correspondiente al cálculo de la ecuación que define la temperatura a la salida del circuito presentado en la guía.

Siguiendo la misma dinámica de los subgrupos anteriores, se procedió a la explicación del circuito y al cálculo de la ecuación en conjunto con la participación de los estudiantes y en base al aprendizaje adquiridos en la práctica de RTD para formular la ecuación mencionada anteriormente.

Los estudiantes empezaron a desarrollar la práctica de laboratorio, mostraron un comportamiento bastante activo para la construcción y análisis del circuito en el simulador; además, habían comprendido la explicación de la ecuación que determina la temperatura simulada. La intervención docente fue poca, solamente consistió en la supervisión del desarrollo de la guía en cada uno de los estudiantes.

Se observó que los estudiantes iban comprendiendo los valores mostrados por la configuración del circuito, pues consistía en la medición de temperatura de una RTD PT-1000 en conexión del puente de Wheastone y del Amplificador de Instrumentación como elementos convertidor y procesador de variable pero a manera de simulación, dónde los cálculos afianzaron la comprensión de las actividades solicitadas y del funcionamiento del circuito. Esto se pudo notar mediante preguntas diagnósticas en el transcurso de la práctica.

Respecto al tiempo en que se desarrolló la práctica, se puede afirmar que los estudiantes resolvieron la guía de laboratorio en el tiempo destinado. Por lo tanto, se observó que en esta práctica de laboratorio los estudiantes comprendieron los objetivos propuestos en la guía de laboratorio y la función que ejerce el puente de Wheastone y la ganancia del amplificador de instrumentación en los Sistemas de Medición, así mismo apreciaron la aplicación de conocimientos de la asignatura de Circuitos Eléctricos I y de Electrónica Analógica I.

- **Grupo 4N1-Eo**

Subgrupo 2

Como era de esperarse, fue necesaria la explicación de la ecuación para el cálculo de la temperatura simulada, pues los estudiantes de este subgrupo no llevaron su trabajo previo; así mismo, se explicó el circuito utilizado para el desarrollo de esta práctica, aclarando preguntas que surgían de los estudiantes.

En el desarrollo de la práctica de laboratorio se observó una deficiencia en el manejo del simulador en la mayoría de los estudiantes, ocasionando un apoyo mutuo para la construcción del circuito, además que hasta en ese momento revisaron la guía de laboratorio, donde solamente un estudiante presentó el circuito elaborado y fue quien terminó el laboratorio antes de tiempo facilitándole la comprensión de las actividades de la guía de laboratorio.

La deficiencia de los demás estudiantes conllevó a que los valores brindados por el circuito en estudio no fueran los esperados, por consiguiente, el tiempo no les ajustó para resolver por completo las actividades indicadas en la guía de laboratorio, aunque ciertos estudiantes terminaron la práctica pero los valores estaban incorrectos así que se requirió reponer el laboratorio en la siguiente sesión.

- ***Reposición del laboratorio 2.***

Subgrupo 2. 4N1-Eo

La reposición del laboratorio se llevó a cabo en la misma semana, solicitándole al docente a cargo de las sesiones teóricas el apoyo para disponer de su hora de clases y terminar la práctica de laboratorio pendiente, por lo que los estudiantes nuevamente ingresaron al laboratorio de Simulación a desarrollar la guía de laboratorio.

La cantidad de estudiantes que asistieron a esta reposición disminuyó en un 50% en comparación con la práctica desarrollada anteriormente; pero estuvieron atento en mejorar el circuito y obtener los valores correctos. Se observó la participación

entre ellos para comprender los valores presentados en la simulación y de los cálculos elaborados.

Utilizando preguntas diagnósticas se observó que la mayoría de los estudiantes comprendieron la función ejercida por la ganancia del amplificador de instrumentación y la relación del voltaje proporcionado por éste con respecto a la temperatura del sensor obtenida a partir de la ecuación que involucra parámetros del puente de Wheastone, el sensor RTD y la ganancia del amplificador de instrumentación.

Los estudiantes desarrollaron las actividades propuestas en la guía de laboratorio en el tiempo establecido y lograron elaborar sus propias conclusiones la cuales estaban acorde a la teoría que fundamenta al elemento convertidor y procesador de variable.

Se puede afirmar que para esta práctica de laboratorio solamente se elaboró el diseño de una guía, la cual se ajustó al tiempo de la sesión de laboratorio y donde los estudiantes mostraron una actitud favorable para la comprensión de las actividades indicadas en la guía de laboratorio.

### **3.4. Laboratorio 3: Medición de temperatura utilizando la termocupla.**

La guía se les proporcionó el mismo día en que realizaron el laboratorio, debido a la imposibilidad de terminar el diseño de la guía antes del día establecido para el laboratorio.

- **Grupo 4T1-Eo**

#### Subgrupo 1.

Se les indicó a los estudiantes a leer el marco teórico de la guía que sustenta el fundamento teórico del sensor Termocupla, en este caso se utilizó la Termocupla tipo “K”. Mediante la explicación del contenido de la guía de laboratorio se aclaró el funcionamiento de la Termocupla surgiendo a la misma vez preguntas de los

estudiantes respecto a los procedimientos de la guía las cuales fueron contestadas durante la explicación.

En esta práctica de laboratorio se notó que los estudiantes manipulaban por primera vez una Termocupla, además se les proporcionó los materiales necesarios para comprender el funcionamiento del sensor (tabla de la termocupla, código de colores y papel milimetrado), solamente un estudiante de este subgrupo poseía conocimiento de la Termocupla.

Se les explicó la forma por el cual se obtiene el valor de la temperatura utilizando la tabla de la termocupla y un sencillo cálculo matemático a partir de la compensación de la termocupla para obtener el valor real del sensor, algunos estudiantes estuvieron un poco confundidos pero al momento de la medición aclararon sus dudas.

Una vez iniciada la práctica por los estudiantes se notó la actitud favorable en el desarrollo de la guía y el trabajo en pareja para la manipulación de los instrumentos. En los puestos de trabajo integrado por tres estudiantes se reflejó el trabajo en equipo, pues mientras dos realizaban la medición el tercero estaba haciendo los cálculos solicitados.

Donde hubo confusión fue en la tabla indicada en la guía para anotar las mediciones obtenidas, pues no estaba claro del valor de la temperatura que se debía anotar, siendo necesario la intervención del docente para aclarar la confusión y para indicar, en algunos puestos, la forma de medición con este sensor.

En el transcurso de la práctica de laboratorio se observó que los estudiantes desarrollaron bien las mediciones con el sensor, aprendieron a utilizar la tabla de la termocupla, a distinguir una RTD de un Termocupla y a determinar la temperatura real en la medición de una Termocupla. Las conclusiones elaboradas por los estudiantes estaban acorde a los fundamentos de la Termocupla. En este laboratorio el tiempo fue suficiente para desarrollar toda la guía.

- **Grupo 4N1-Eo**

Subgrupo 1.

Con la modificación de la tabla para la anotación de la temperatura se implementó la misma guía utilizada por los estudiantes del turno de la tarde. Al igual que ellos, la guía fue proporcionada en el momento de la sesión de laboratorio, ofreciéndoles tiempo para que leyeran el marco teórico y proceder a la explicación del sensor y de los procedimientos que indicaba la guía de laboratorio.

Durante la explicación también se observó que los estudiantes de este subgrupo manipulaban por primera vez el sensor de la Termocupla, por lo que se señalaron las características más importantes de este sensor para la medición de temperatura, el uso de la tabla de la termocupla, el código de colores y el método para calcular la temperatura real cuando el sensor es compensado por otro sensor.

En el transcurso de la práctica los estudiantes comprendieron el manejo del sensor a partir de la medición de la temperatura tomada de un caudín, así mismo entendieron el uso de la tabla de la termocupla para determinar la temperatura a partir del voltaje suministrado por el sensor.

La participación de este subgrupo fue activa, a pesar de que algunos estudiantes llegaron después de la explicación brindada, pero con la ayuda de sus compañeros comprendiendo la práctica de laboratorio. La modificación de la tabla para la anotación de las mediciones fue apropiada, pues los estudiantes no presentaron dificultades ante esta actividad.

Mediante la gráfica solicitada en la guía los estudiantes comprendieron mejor el comportamiento de la termocupla facilitándole las respuestas a las preguntas de reflexión que también involucraba el aprendizaje obtenido de la práctica de RTD; por lo tanto las conclusiones elaboradas fueron adecuadas al fundamento de la termocupla.

El desarrollo de la práctica de laboratorio se realizó en el tiempo establecido, donde los estudiantes completaron las actividades solicitadas en la guía de laboratorio.

- **Grupo 4T1-Eo**

Subgrupo 2.

A los estudiantes del subgrupo 2 se les entregó la guía de laboratorio con anticipación para que elaboraran el trabajo previo, lo cual así fue. Al ingresar al laboratorio se elaboraron preguntas de control para diagnosticar el conocimiento adquirido con la actividad previa; así mismo se explicaron las características físicas de una Termocupla, pues al igual que los demás estudiantes fue la primera vez que ellos manipulaban el sensor.

Este subgrupo poseía nociones sobre el uso de la tabla de la termocupla como resultado del trabajo previo y solamente se aclararon ciertas dudas al respecto, además de conocer los distintos tipos de termocuplas mediante el código de colores, siendo parte también de las actividades previas.

Una vez iniciada la práctica de laboratorio se observó una actitud favorable en el desarrollo de la guía, pues los estudiantes comprendieron el manejo de la termocupla para la medición de la temperatura y la interpretación de los valores obtenido por éste y mostrado por el multímetro.

La gráfica ayudó a sustentar la comprensión del comportamiento de la termocupla cuando es utilizada para la medición de la temperatura, mediante la cual se diagnosticó el aprendizaje adquirido en la práctica de laboratorio donde las conclusiones estuvieron acorde al fundamento teórico del sensor.

El propósito principal de la práctica de laboratorio fue la medición de temperatura, por lo que no se requirió de mucho tiempo para desarrollar la guía y los estudiantes resolvieron por completo la guía de laboratorio en el tiempo establecido.

- **Grupo 4N1-Eo**

Subgrupo 2

Los estudiantes del subgrupo 2 llevaron a mano el trabajo previo, ya que con anterioridad se les había facilitado la guía de laboratorio. En vista de esto se

procedió a realizar preguntas de control para diagnosticar el grado de comprensión adquirida con el trabajo previo y se determinó que aproximadamente la mitad de los alumnos estudiaron la actividad previa.

Al igual que en los subgrupos anteriores, los estudiantes manipulaban por primera vez el sensor Termocupla, para lo cual fue necesario una breve explicación de las características de éste junto con el uso de la tabla de la termocupla y su identificación a partir del código de colores; de esta forma se estaba afianzando el contenido del trabajo previo.

A medida que transcurría la práctica de laboratorio se observó una actitud pasiva en los estudiantes en el desarrollo de las mediciones solicitadas en la guía de laboratorio. Tres de los puestos de trabajo requirieron intervención del docente para aclarar dudas sobre la forma para determinar el cálculo de la temperatura real utilizando la termocupla.

Las gráficas siempre juegan un papel muy importante y es que por medio de ésta se observó que los estudiantes comprendieron mejor el comportamiento de la termocupla en la práctica desarrollada. A pesar de la actitud pasiva de los estudiantes terminaron completo con el tiempo destinado para ésta práctica, exceptuando a ciertos estudiantes que solamente realizaron las mediciones.

### **3.5. Laboratorio 4: *Presentación de la variable de medición.***

La guía fue entregada a los estudiantes con anticipación para que elaboraran el algoritmo de programación y las actividades previas.

- **Grupo 4T1-Eo**

- Subgrupo 1.*

Al inicio de la sesión se brindó una breve explicación del circuito para identificar los elementos de los Sistemas de Medición presente en éste, retomando los conocimientos adquiridos sobre los sensores RTD y Termocupla y comprender el proceso que ocurre para la visualización de una magnitud física de medición.



La guía de laboratorio se desarrolló individualmente, con la intención de promover y afianzar capacidades cognitivas de la programación aplicada a los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos. Para algunos estudiantes se les dificultó comprender el funcionamiento del circuito, por lo que se ofreció una explicación personal, facilitándoles también datos para elaborar el código de programación.

En éste laboratorio se aplicó conocimientos sobre programación y se observó que la mayoría de los estudiantes presentaban el dominio conveniente para resolver la guía de laboratorio, donde la única intervención docente radicó en la aclaración de dudas respecto a las características de los sensores RTD y Termocupla.

Aproximándose el tiempo final del laboratorio se notó que algunos estudiantes resolvieron las actividades de la guía pero con valores incorrectos, aunque la lógica de programación estaba acorde no se ajustaba a las características físicas reales de los sensores, por lo que se tomó mucho en cuenta la interpretación del estudiante sobre el circuito desarrollado para evaluar el nivel de conocimiento adquirido en esta práctica sobre los elementos que constituyen un Sistema de Medición y Adquisición de Datos.

La mayoría de los estudiantes desarrollaron la práctica en el tiempo establecido y con los valores correctos, así que se les solicitó entregar los resultados en la UOL finalizando la sesión de laboratorio. En esta práctica se diagnosticó que la guía implementada se adecuaba al tiempo y a los conocimientos básicos de programación del microcontrolador aplicado a los Sistemas de Medición, por consiguiente, se decidió implementar la misma guía para los demás subgrupo.

- **Grupo 4N1-Eo**

- Subgrupo 1.

La guía de laboratorio fue entregada con anticipación para que elaboraran el algoritmo de programación y las actividades previas solicitadas, sin embargo los estudiantes fallaron en esta actividad asignada y algunos hasta ese momento revisaron la guía de laboratorio, ante esto se decidió primeramente realizar un

diagnóstico de los conocimientos adquiridos por las prácticas anteriores. Luego se brindó una explicación del funcionamiento del circuito para realizar la práctica, resaltando los elementos de Sistemas de Medición involucrados en el circuito y la función que desempeña el elemento de presentación de la señal para visualizar una variable de medición.

Durante la explicación también se facilitaron los datos necesarios para utilizarlos en la programación del microcontrolador. El laboratorio fue de forma individual con la intención de que los estudiantes desarrollaran capacidades cognitivas de la programación aplicada a los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos, pero se observó que la mayoría de los estudiantes presentaron mucha deficiencia en la programación del microcontrolador.

A algunos se les dificultó elaborar el código, los valores mostrados eran incorrectos y otros totalmente no pudieron desarrollar el código; solamente un estudiante pudo elaborar el código correctamente, analizar los resultados y elaborando sus propias conclusiones entregando la guía resuelta antes que finalizara la sesión de laboratorio.

Para la gran mayoría de los estudiantes de este subgrupo la deficiencia recayó en los conocimientos previos sobre programación, por lo que la entrega de la guía estuvo incompleta y errónea, la cual se hizo en el momento en que finalizó la sesión de laboratorio.

- **Grupo 4T1-Eo**

- Subgrupo 2.

Los estudiantes del subgrupo presentaron el algoritmo de programación, asignada en el trabajo previo de la guía de laboratorio. Antes de comenzar la práctica se brindó una breve explicación del circuito indicado en la guía de laboratorio, que comprende el conjunto de elementos sensor, convertidor y procesador de variable, abordados en las sesiones de laboratorio anteriores, así mismo del elemento procesador de variable que se abordó en esta la práctica de laboratorio.

Durante el desarrollo de la práctica de laboratorio se notó mucha participación al momento en que elaboraron el código de programación, se aclararon ciertas dudas respecto a la compensación de la Termocupla utilizando la RTD para ser tomada en cuenta en la programación del microcontrolador. Hubo variedad de alternativas en el código de programación pero en su mayoría proporcionaba el resultado esperado en la simulación.

Se observó que los estudiantes de este subgrupo presentaron dominio en la programación del microcontrolador; a través de preguntas diagnósticas se notó que los estudiantes comprendieron el propósito de la práctica de laboratorio sobre todo del elemento presentación de la señal y la aplicación del microcontrolador en los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

La mayoría de los estudiantes terminaron en tiempo y forma la guía de laboratorio quienes inmediatamente entregaron los resultados de la guía en la plataforma de UOL. A como se ha venido mencionando, el desarrollo de la guía de laboratorio también fue realizada individualmente por los estudiantes, siempre con la intención de desarrollar sus habilidades de programación para la aplicación en los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

- **Grupo 4N1-Eo**

- Subgrupo 2.

Antes de comenzar a desarrollar la guía de laboratorio, se brindó una breve explicación del circuito indicado en la guía y de los conocimientos necesarios para resolver las actividades solicitadas retomando el aprendizaje adquirido en las prácticas anteriores. La mayoría de los estudiantes de este subgrupo fallaron en la entrega del trabajo previo, donde solamente cuatro estudiantes llevaron el circuito construido en Proteus 8.

Durante el desarrollo del laboratorio se notó una deficiencia en la programación del microcontrolador, y en algunos estudiantes se reflejó la dificultad en la interpretación del circuito para la elaboración del código de programación. Sin embargo, cuatro

estudiantes de este subgrupo estaban atento al análisis y solución de la guía de laboratorio.

La práctica se desarrolló de forma individual y se observó que la mayoría de los estudiantes elaboraron sus códigos de programación erróneamente, mientras que otros presentaban incomprensión en la manera de desarrollar el código de programación. Solamente un estudiante resolvió la guía de laboratorio antes de tiempo, reflejando su comprensión mediante preguntas de control.

Finalizando la práctica de laboratorio los otros tres estudiantes lograron resolver la guía de laboratorio, mostrando los valores correctos y la interpretación adecuada sobre el elemento presentación de la señal, sus códigos de programación cumplían con lo requerido en la guía de laboratorio; mientras que los demás estudiantes entregaron sus guías incompletas en la plataforma de la UOL, pues se indicó que la entrega de la guía resuelta se realizaría terminando la sesión de laboratorio.

Se puede afirmar que los estudiantes del turno nocturno presentaron un alto grado de deficiencia en la programación del microcontrolador contribuyendo a un aprendizaje deficiente al finalizar la práctica de laboratorio dificultando la comprensión del proceso que ocurre en el elemento presentación de la señal que involucra los elementos sensor, convertidor y procesador de variable.

### **3.6. Laboratorio 5: *LabVIEW para el diseño de sistemas de adquisición de datos mediante la programación de VIs.***

A partir de un trabajo asignado por el docente sobre la plataforma de programación LabVIEW los estudiantes presentaron conocimientos previos para el desarrollo de la guía de laboratorio.

- **Grupo 4T1-Eo**

- Subgrupo 1.*

La guía de laboratorio fue entregada con anticipación a los estudiantes del subgrupo para la solución del trabajo previo, quienes incumplieron con la asignación. En vista

de esto fue necesario brindar la explicación del trabajo previo correspondiente a la ecuación que permite el diseño del sistema de adquisición de datos para un sensor de nivel, así como también de los procedimientos señalados en la guía de laboratorio.

La práctica de laboratorio fue realizada en pareja y se observó una actitud dinámica entre los estudiantes para la solución y comprensión de la guía de laboratorio. La intervención del docente consistió en la revisión y recomendación del diseño elaborados por los estudiantes.

Se observó que el 30% de los estudiantes mejoraron los resultados esperados, es decir, presentaron otra alternativa de programa del sistema de adquisición de datos pero que cumplieron con los requerimientos del problema propuesto en la guía de laboratorio.

Finalizando la sesión de laboratorio la mayoría de los estudiantes resolvieron la guía de laboratorio, mientras que otros presentaron dificultad en la solución de la guía entregándola incompletas. Sin embargo, se notó que poseían conocimientos de la plataforma de programación LabVIEW.

- **Grupo 4N1-Eo**

Para los estudiantes del turno nocturno el laboratorio correspondiente a LabVIEW no se pudo realizar, esto fue debido a que durante el semestre hubo afectaciones en el horario de clases de este grupo por actividades de la Universidad y la reducción de semanas correspondiente al semestre lectivo impidiendo el desarrollo de contenidos que involucran los conocimientos necesario para el conocimiento de LabVIEW.

- **Grupo 4T1-Eo**

- Subgrupo 2.

Al igual que el subgrupo 1 los estudiantes no presentaron el trabajo previo que solicitaba la guía de laboratorio, por lo que se brindó la explicación de la misma y

de los procedimientos indicados en la guía de laboratorio. Con la contribución de los estudiantes se dedujo la ecuación que define el diseño del sistema de adquisición propuesto en la guía.

Hubo ciertas confusiones en la actividad propuesta pero que fueron aclaradas durante la explicación. En el transcurso del laboratorio los estudiantes mostraron una actitud dinámica y favorable para el desarrollo de la guía de laboratorio, la mayoría comentaban al docente las posibles manera de resolver la actividad lo que demostró dominio de la plataforma de programación LabVIEW.

Las alternativas de solución fueron diversas mostrando mejores resultados a lo esperado por el docente. Este laboratorio fue realizado en pareja y se notó que algunas parejas de trabajo se les dificultaban comprender la práctica pero que al final resolvieron las actividades de la guía de laboratorio.

Finalizando la práctica de laboratorio los estudiantes entregaron la guía resuelta en la plataforma de UOL y mediante preguntas diagnóstica se evaluó el aprendizaje de los estudiantes respecto al diseño del sistema de adquisición de datos y se notó que habían comprendido el problema propuesto afianzando sus conocimientos LabVIEW con la práctica desarrollada.

A continuación se sintetizan los resultados en base al desempeño observado en cada una de las prácticas con las guías de laboratorios implementadas a los grupos 4T1-Eo y 4N1-Eo. Se estableció una escala de evaluación la cual consiste en Nulo (N), Regular (R), Bueno (B), Muy Bueno (MB) y Excelente (E).

Parámetros	Evaluación	
	4T1-Eo	4N1-Eo
Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	R	R
La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	E	E
Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	MB	MB

Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	MB	MB
Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	MB	B
Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	E	E
Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	MB	MB
Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	B	R
Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	MB	B
El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	E	B
Se observó el trabajo en equipo.	E	MB
Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	E	MB
Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	MB	B
Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	E	MB
La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	E	MB

### 3.7. Implementación de las guías en el grupo 4T2-Eo.

Las guías fueron facilitadas al docente que estuvo a cargo del grupo, el cual impartió las sesiones de clases y las de laboratorio. En este caso se supervisaron solamente dos prácticas de laboratorios y a un subgrupo de laboratorio, por motivos de disposición de tiempo.

**a) Laboratorio 1:** *Características estáticas y dinámicas de los sensores utilizando una RTD como instrumento de medición para la temperatura.*

- **Grupo 4T2-Eo**

Subgrupo 1.

El docente afirmó que la guía se entregó con anticipación a los estudiantes de este subgrupo para la realización del trabajo previo. Sin embargo, se observó que la mayoría de los estudiantes no presentaron la actividad previa indicada por la guía de laboratorio ni los materiales solicitados en la guía, exceptuando a unos pocos.

Los puestos de trabajo disponible en el laboratorio de Automatización fueron ocupados por cuatro estudiantes y se notó claramente que los estudiantes manipularon por primera vez un tipo de sensor mostrando confusión con la apariencia de éste.

Los estudiantes iniciaron a realizar la práctica sin la previa explicación del docente sobre las características del sensor RTD ni del contenido de la guía de laboratorio, implicando a que los estudiantes mostraran un alto grado de confusión para realizar las mediciones; por tal motivo, reflejaron una actitud pasiva en el desarrollo de la práctica, donde algunos estudiantes no participaban en la solución de la guía de laboratorio debido a la cantidad de estudiante por puesto.

Es acertado decir que la intervención del docente fue insuficiente para que los estudiantes comprendieran el funcionamiento del sensor, pues únicamente se limitaron a la medición de temperatura. Además, la gráfica correspondiente y la respuesta de las preguntas fueron asignadas para el informe sin elaborar un diagnóstico del aprendizaje adquirido en el laboratorio. La práctica fue realizada en el tiempo establecido para la sesión de laboratorio, donde la mitad de los estudiantes realizaron las mediciones correspondientes.



**b) Laboratorio 3: Medición de temperatura utilizando la termocupla.**

- **Grupo 4T2-Eo**

Subgrupo 1.

La práctica se desarrolló en el laboratorio de Automatización y Control; la guía fue entregada con anticipación por parte del docente. Para ingresar a realizar la práctica de laboratorio se requería presentar el trabajo previo, sin embargo se observó que la mayoría de los estudiantes fallaron en este compromiso, por lo que el docente decidió anular la práctica para esos estudiantes ingresando solamente aquellos que cumplieron la asignación previa.

Durante la práctica se observó que los estudiantes manipularon por primera vez una Termocupla; el docente omitió la explicación previa antes de realizar el laboratorio, pero se notó su intervención en los puestos de trabajo para aclaración de dudas respecto a las mediciones y a la tabla de la termocupla. Al igual que en laboratorio de RTD solamente se limitó a la medición de temperatura utilizando la termocupla. La gráfica y las preguntas fueron asignadas para el informe del laboratorio.

La mayoría de los estudiantes terminaron el laboratorio antes de la hora establecida, mostraron los resultados al docente sin diagnosticar el aprendizaje adquirido por ellos, indicando que el tiempo fue suficiente para el desarrollo de la guía de laboratorio en el grupo 4T2-Eo.

Cabe destacar que una de las complicaciones presente en este grupo fue la asignación de docente, pues las clases de Sistemas de Medición comenzaron semanas después de que el semestre había iniciado y a medida que se desarrollaron los contenidos de la asignatura hubo cambio de docente; esto provoca una incertidumbre en los conocimientos de los estudiantes para el desarrollo de la práctica de laboratorio.

El cuadro siguiente muestra una síntesis de la evaluación elaborada a este grupo en base a las observaciones del desempeño de los estudiantes y del docente que

llevó a cabo la práctica de laboratorio. La escala de evaluación está reflejada por los niveles de Nulo (N) Regular (R), Bueno (B), Muy Bueno (MB) y Excelente (E).

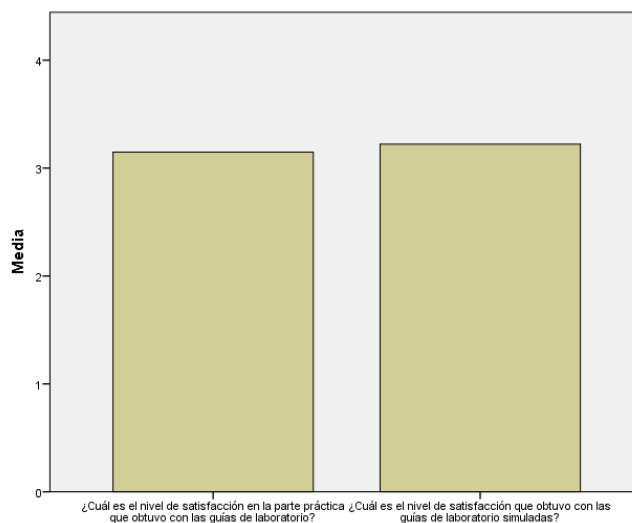
Parámetros	Evaluación
	4T2-Eo
Realizaron el trabajo previo solicitado por la guía de laboratorio.	R
La explicación inicial del contenido del laboratorio contribuyó a un buen desempeño en el desarrollo del laboratorio.	N
Los estudiantes comprendieron los procedimientos indicados en la guía de laboratorio.	B
Comprendieron el desarrollo de las actividades de la guía de laboratorio.	B
Presentaron una actitud dinámica en el desarrollo de la práctica.	R
Se observó que los estudiantes adquirieron un nuevo conocimiento.	MB
Comprendieron los resultados de la práctica de laboratorio.	B
Mostraron una actitud proactiva para la solución de la guía de laboratorio.	B
Estaban atento a la solución de las actividades propuestas en la guía de laboratorio.	R
El aprendizaje de los estudiantes fue suficiente para resolver la guía de laboratorio	R
Se observó el trabajo en equipo.	B
Se cumplió con los objetivos establecido en la guía de laboratorio.	B
Resolvieron 60% las actividades de la guía correctamente.	B
Resolvieron en un 90 % las actividades de la guía correctamente.	N
La guía de laboratorio se ajustó al tiempo establecido para la sesión de laboratorio.	E

#### 4. Evaluación de resultados.

##### 4.1. Resultados de la encuesta final aplicados a los estudiantes del grupo 4T1-Eo.

###### a) *Nivel de desempeño práctico.*

El resultado del Gráfico 10 muestra que los estudiantes del grupo 4T1-Eo se sintieron “Satisfecho” con el desarrollo de las guías de laboratorios. Junto a este resultado está la participación del docente, pues el desarrollo de ambientes de enseñanza-aprendizaje al inicio de cada práctica en base a sus conocimientos previos y a la temática que abordarían en la práctica, contribuyó a la preparación de los estudiantes a los nuevos conocimientos con las que cuentan las guías laboratorios.



**Gráfico 10.** Resultados del nivel de desempeño práctico.

Las tablas 1 y 2 muestran de forma numérica los resultados obtenidos en el desempeño práctico de los estudiantes respecto a las guías de laboratorios.

**Tabla 1.** ¿Cuál es el nivel de satisfacción en la parte práctica que obtuvo con las guías de laboratorio?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido "Satisfecho"	23	85.2	85.2	85.2
"Muy satisfecho"	4	14.8	14.8	100.0
Total	27	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

La tabla 1 indica la cantidad porcentual de los estudiantes que destacaron su nivel de satisfacción con las prácticas de montaje, donde el 85.2% de los estudiantes indicaron que están "Satisfecho" con las guías de montaje desarrolladas en la asignatura de Sistema de Medición, obteniendo una valoración positiva de todos los estudiantes de un 100%.

**Tabla 2:** ¿Cuál es el nivel de satisfacción que obtuvo con las guías de laboratorio simuladas?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido "Satisfecho"	21	77.8	77.8	77.8
"Muy satisfecho"	6	22.2	22.2	100.0
Total	27	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

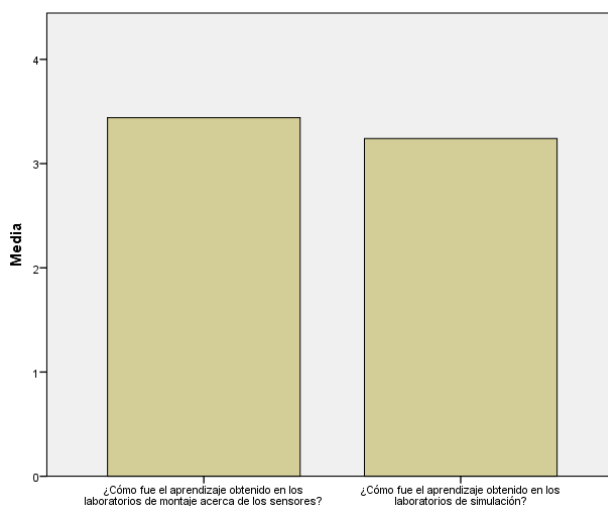
La tabla 2 indica la cantidad porcentual de los estudiantes que destacaron su nivel de satisfacción con las prácticas simuladas. El 77.8% de los estudiantes indicaron que están "Satisfecho" con el desarrollo de las guías simuladas en el transcurso de la asignatura, donde la valoración positiva para las guías simuladas es del 100%.

Por lo tanto, las guías de laboratorios fueron bien aceptadas por más de la mayoría de los estudiantes del grupo 4T1-Eo en cada una de las sesiones de laboratorio, lo cual indica que los estudiantes mostraron un desempeño positivo ante las guías de laboratorios.

### **b) Nivel de aprendizaje.**

El Gráfico 11 muestra que el aprendizaje obtenido por los estudiantes fue "Significativo"; lo que indica la comprensión de la mayoría de las actividades presentadas en las guías de laboratorios, por medio de la cual reflejan el funcionamiento esencial de cada uno de los elementos que conforman un Sistema

de Medición y Adquisición de Datos que fueron desarrolladas y analizadas en cada una de las sesiones prácticas.



**Gráfico 11.** Resultado del nivel de aprendizaje.

Las tablas 3 y 4 muestran más claramente los resultados obtenidos del nivel de aprendizaje de los estudiantes.

**Tabla 3.** ¿Cómo fue el aprendizaje obtenido en los laboratorios de montaje acerca de los sensores?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	"Significativo"	15	55.6	57.7	57.7
	"Muy significativo"	11	40.7	42.3	100.0
	Total	26	96.3	100.0	
Perdidos	Sistema	1	3.7		
Total		27	100.0		

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

La tabla 3 refleja la cantidad porcentual de los estudiantes que destacan su nivel de aprendizaje obtenido por los laboratorios de montaje correspondiente a los sensores RTD y termocupla, por consiguiente, el resultado refleja que el 57.7% de los estudiantes indicaron que obtuvieron un aprendizaje "Significativo" sobre las características estáticas y dinámicas de los sensores utilizando la RTD como instrumento de medición para la temperatura, y la medición de temperatura utilizando la termocupla. La valoración positiva de esta evaluación de la encuesta fue del 100%.

**Tabla 4.** ¿Cómo fue el aprendizaje obtenido en los laboratorios de simulación?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	"Poco significativo"	1	3.7	3.8	3.8
	"Significativo"	18	66.7	69.2	73.1
	"Muy significativo"	7	25.9	26.9	100.0
	Total	26	96.3	100.0	
Perdidos	Sistema	1	3.7		
Total		27	100.0		

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

A como se muestra en la tabla 4, la cantidad de estudiantes indicando que el aprendizaje adquirido fue "Significativo" con las guías simuladas es del 69.2%; en donde los estudiantes desarrollaron conocimientos que abarcaron el puente de Wheastone como elemento convertidor de variable, el amplificador de instrumentación como elemento procesador de variable, el elemento presentación de la señal empleando los componentes anteriores más la programación del PIC 16F877A y un LCD, y el diseño de un sistema de adquisición de datos a través de LabVIEW, desarrollados en cada sesión de laboratorio, por lo que se obtuvo una valoración positiva de un 96.1%.

En base a los resultados anteriores se identificó que las guías implementadas contribuyeron al desarrollo de un aprendizaje significativo de los fundamentos que caracterizan a los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos, siéndoles útiles para su desempeño profesional en una determinada área industrial que abarque la aplicación de conocimientos en instrumentación electrónica.

### **c) Nivel de contenido teórico.**

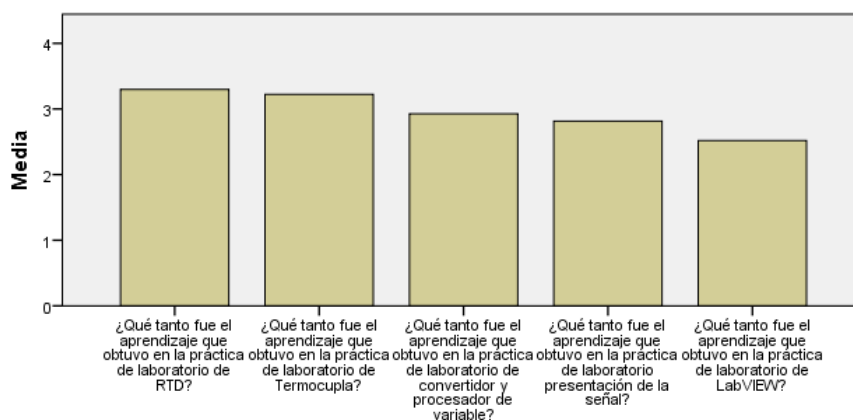
De acuerdo a la tabla 5, se muestra que el 64% de los estudiantes destacaron que el contenido teórico de las guías de laboratorios fue "Oportuno" para comprender los principios de funcionamiento de los Sistema de Medición y Adquisición de Datos, ayudándoles a consolidar los conocimientos adquiridos en las sesiones de clases, donde se obtuvo una valoración positiva del 88% de todos los estudiantes encuestados.

**Tabla 5.** ¿Cómo fue el contenido de las guías de laboratorios?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	"Poco oportuno"	3	11.1	12.0	12.0
	"Oportuno"	16	59.3	64.0	76.0
	"Muy oportuno"	6	22.2	24.0	100.0
	Total	25	92.6	100.0	
Perdidos	Sistema	2	7.4		
Total		27	100.0		

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

El alcance que tuvo el nivel de contenido teórico en el aprendizaje de los estudiantes por cada uno de los laboratorios desarrollados está evaluada por una escala designada como “Nada”, “Poca”, “Necesaria” y “Suficiente” indicada en un rango del 1 al 4 respectivamente en el diagrama de barras.

**Gráfico 12.** Resultados del nivel de contenido teórico.

De acuerdo a las encuestas completadas por los estudiantes, el resultado mostrado en el Gráfico 12 indica que el contenido teórico implementado en cada una de las guías contribuyó a que los estudiantes obtuvieran un aprendizaje “Necesario” para comprender los fundamentos de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

Lo anterior refleja que la selección de los contenidos teóricos elaborados a partir del programa de asignatura de Sistema de Medición son los adecuados para afianzar sus conocimientos de los temas abordados en las sesiones de clases teóricas sobre los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

De la tabla 6 a la 10 se muestran la cantidad porcentual de la valoración que hicieron los estudiantes con respecto al aprendizaje adquirido en cada una de las guías de

laboratorios que fortalecieron sus conocimientos en la asignatura de Sistema de Medición.

**Tabla 6.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio de RTD?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido "Necesario"	19	70.4	70.4	70.4
"Suficiente"	8	29.6	29.6	100.0
Total	27	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

La guía de laboratorio de montaje sobre el sensor RTD comprendía el comportamiento del mismo ante la variación de la temperatura, así como también las características estáticas y dinámicas del sensor, en la cual el 70.4% de los estudiantes indicaron que el aprendizaje obtenido fue “Necesario” para afianzar los conocimientos sobre esta temática. Este resultado es mostrado en la tabla 6, obteniendo, así mismo, una valoración positiva del 100% de los estudiantes que realizaron ésta guía de laboratorio.

De acuerdo a la tabla 7, el 63% de los estudiantes indicaron que con el desarrollo de la guía correspondiente al sensor Termocupla el aprendizaje obtenido fue “Necesario” para comprender los fundamentos de la Termocupla ante la medición de determinada variable física, donde la valoración positiva de acuerdo a los estudiantes encuestados fue del 92.6%.

**Tabla 7.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio de Termocupla?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido "Poco"	2	7.4	7.4	7.4
"Necesario"	17	63.0	63.0	70.4
"Suficiente"	8	29.6	29.6	100.0
Total	27	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

La tabla 8 corresponde a la guía de laboratorio que comprende al convertidor y procesador de variable, la misma es una práctica simulada donde los estudiantes analizaron su comportamiento y su aplicación en los Sistemas de Medición, mostrando que el 55.6% de los estudiantes obtuvieron un aprendizaje “Necesario”



para comprender la etapa de acondicionamiento de la variable física. La valoración positiva para esta guía fue del 74.1%.

**Tabla 8.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio de convertidor y procesador de variable?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	"Poco"	7	25.9	25.9	25.9
	"Necesario"	15	55.6	55.6	81.5
	"Suficiente"	5	18.5	18.5	100.0
	Total	27	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

El resultado del aprendizaje obtenido por los estudiantes respecto a la práctica de laboratorio de presentación de la señal es mostrada en la tabla 9, donde el 44.4% de los estudiantes aseveraron que el aprendizaje adquirido fue "Necesario" para comprender el proceso que se requiere al momento de visualizar la medición de una variable física en los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos, obteniendo una valoración positiva del 62.9%.

**Tabla 9.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio de presentación de la señal?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	"Poco"	10	37.0	37.0	37.0
	"Necesario"	12	44.4	44.4	81.5
	"Suficiente"	5	18.5	18.5	100.0
	Total	27	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

En la tabla 10 están representados los niveles de evaluación para determinar el aprendizaje adquirido en la práctica de laboratorio de LabVIEW; a como se muestra, el 40.7% de los estudiantes indicaron que su nivel de aprendizaje adquirido en esta práctica fue "Necesario" para comprender y diseñar un entorno de programación de un pequeño Sistema de Adquisición de Datos utilizando el software LabVIEW, obteniendo una valoración positiva del 51.8%.

**Tabla 10.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje que obtuvo en la práctica de laboratorio de LabVIEW?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	"Nada"	3	11.1	11.1	11.1
	"Poco"	10	37.0	37.0	48.1
	"Necesario"	11	40.7	40.7	88.9
	"Suficiente"	3	11.1	11.1	100.0
	Total	27	100.0	100.0	

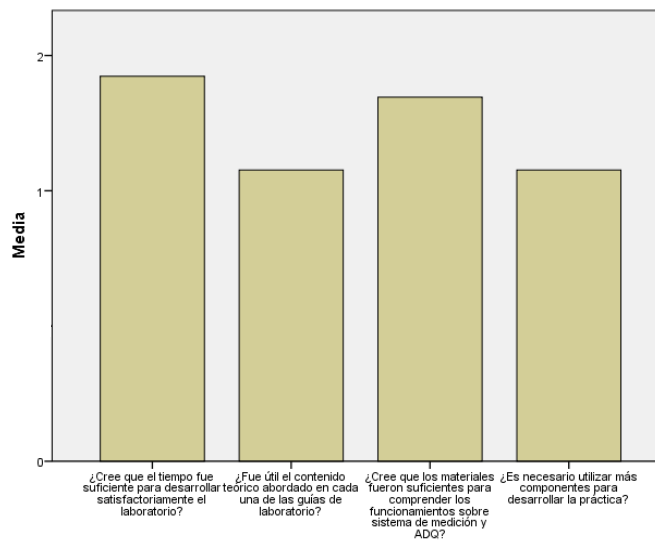
*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

Los resultados de las tablas anteriores ofrecen la aceptación de los estudiantes con los contenidos teóricos que les ayudaron a comprender los procesos inmersos en los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos. Los laboratorios correspondientes a los sensores RTD y Termocupla obtuvieron los porcentajes más alto debido a que éstos eran prácticas de laboratorios de montaje, en donde se sintieron más conformes con la manipulación de los sensores, además de ser un conocimiento nuevo en el campo práctico de los instrumentos de medición.

En comparación con los laboratorios de montaje, los resultados porcentuales de los laboratorios de entornos simulados fueron menores, debido a la aplicación de conocimientos previos de Circuitos Eléctricos, Electrónica Analógica I y Programación, donde se debían aplicar cálculos físicos para la comprensión de la práctica de laboratorio, sin embargo, los estudiantes también estuvieron conforme con el desarrollo de cada una de las guías de laboratorios de simulación, pues destacaron que obtuvieron un aprendizaje "Necesario" para afianzar y comprender los fundamentos de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

#### **d) Limitaciones**

La respuesta a cada una de las limitaciones de este apartado están dadas por las opciones "Sí" y "No", representadas en el gráfico 4 por un 1 para "Sí" y un 2 para "No".



**Gráfico 13. Limitaciones**

De acuerdo al Gráfico 13, la primera limitación encontrada en los resultados es que la mayoría de los estudiantes indicaron que “No” fue suficiente el tiempo para desarrollar las guías de laboratorios; sin embargo, hay que tomar en cuenta que la explicación del docente requirió tiempo para involucrar los conocimientos previos de los estudiantes hacia los nuevos conocimientos que se iban a desarrollar en la sesión de laboratorio, con la intención de crear ambientes de enseñanza-aprendizaje y con la finalidad de promover el aprendizaje significativo en los estudiantes del grupo.

A pesar de este resultado, la evaluación final del docente en cada práctica de laboratorio reflejó que los estudiantes comprendieron los objetivos establecido en cada guía de laboratorio.

La limitación más relevante para el desarrollo de las prácticas de laboratorio fueron los materiales, pues el Gráfico 13 muestra que los estudiantes indicaron la insuficiencia de los materiales para comprender los fundamentes de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos; es decir, está la necesidad de utilizar más materiales físicos que demuestren de forma práctica todo el conjunto de elementos de los Sistema de Medición y Adquisición de Datos, también reflejado en el gráfico, de tal forma que les permita desarrollar habilidades prácticas para el adecuado desempeño en el campo de la instrumentación electrónica.

En el contenido teórico abordado en las guías de laboratorio no existió limitación, sino que confirma la utilidad del contenido teórico que afianzan los conocimientos en Sistema de Medición y Adquisición de Datos.

### **e) Sugerencias**

La importancia de conocer las sugerencias u opiniones de los estudiantes refleja la satisfacción que tuvieron los estudiantes y sus expectativas posteriores a las prácticas de laboratorios; de tal forma que dan un vistazo de las posibles mejoras que ellos mismo recomienda.

<b>Sugerencias</b>	
1	Utilización de más tipos de sensores que tengan que ver con medición.
2	Realizar interfaz física con LabVIEW vía DAQ, utilizando los sensores estudiados. Me gustaron más los laboratorios que las clases.
3	- Laboratorios montados. - Un poco más de práctica en los laboratorios de LabVIEW.
4	Necesitamos un poco más de teoría en clases y el modo de utilizar y cómo funciona cada componente.
5	Que se realicen más prácticas en las sesiones de clases.
6	Considero que los laboratorios ha sido muy buenos, directos y explícitos al uso que le damos a la práctica.
7	Utilizar más sensores.
8	Más desarrollo de laboratorios montados que de simulados.
9	Utilizar la interfaz LabVIEW con adquisición de datos en físico.
10	Que se realicen más laboratorios durante el curso.
11	Según las prácticas que realizamos confirmo que las guías cumplen con el programa que se abordó en la clase. La única observación es en cuanto a los laboratorios donde se realizan las prácticas debiesen de estar más equipados.
12	Que se hagan un poco más prácticos los laboratorios y además que tengan más números de laboratorios y así de tal manera haya más prácticas.
13	Más tiempo a la hora de realizar los laboratorios simulados y también fecha exacta para los laboratorios.
14	Más tiempo en cada sesión de laboratorio.
15	Fuera bueno más prácticas de laboratorios con sensores, diferentes a los abordados.

#### 4.2. Encuesta final aplicada a los estudiantes del grupo 4T2-Eo.

Las prácticas de laboratorios para el grupo 4T2-Eo fueron impartidas por otro docente, quien presentaba un estilo de enseñanza muy tradicional; además que este grupo presentó inconvenientes con la asignación de docente al inicio del curso, de tal forma que las prácticas se empezaron a implementar tardíamente implicando al grupo a desarrollar únicamente tres guías de laboratorios.

##### a) *Nivel de desempeño práctico.*

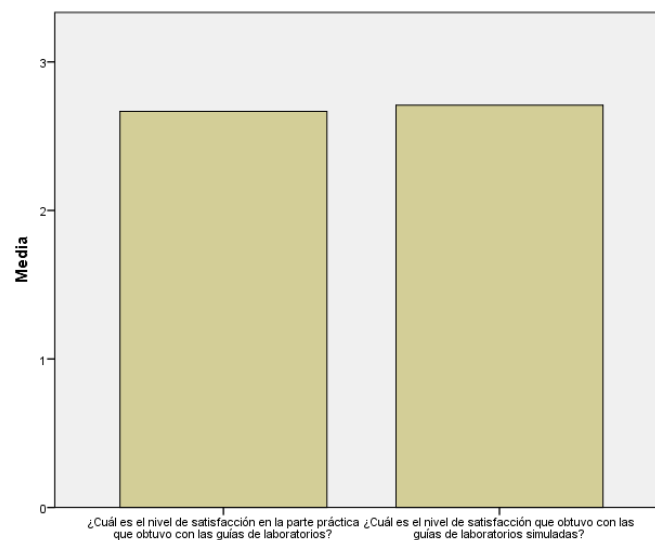
Para evaluar el nivel de desempeño práctico se utilizó la siguiente escala representada en el Gráfico 14:

1 = Muy insatisfecho

3 = Satisfecho

2 = Insatisfecho

4 = Muy satisfecho



**Gráfico 14.** Resultado del nivel de desempeño práctico.

Según el Gráfico 14, la mayoría de los estudiantes del grupo 4T2-Eo indicaron que están Satisfecho con las el desarrollo de las guías de laboratorios para la asignatura de Sistemas de Medición. Cabe mencionar que este resultado solamente comprende a dos prácticas de laboratorio de montaje y una de simulación por inconvenientes que ocurrió en el grupo, pero en la que los estudiantes mostraron su satisfacción hacia las guías de laboratorios.

Para conocer la cantidad de estuantes que señalaron su satisfacción, el resultado también se mostrará en las tablas 11 y 12.

**Tabla 11.** ¿Cuál es el nivel de satisfacción en la parte práctica que obtuvo con las guías de laboratorios?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Muy satisfecho	3	12.5	12.5	12.5
Insatisfecho	4	16.7	16.7	29.2
Satisfecho	15	62.5	62.5	91.7
Muy satisfecho	2	8.3	8.3	100.0
Total	24	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

La tabla 11 refleja que el 62.5% de los estudiantes están “Satisfecho” con el desempeño práctico de las guías de laboratorios de montaje, correspondiente al sensor RTD y la Temocupla, donde la valoración positiva obtenida es del 70.8%.

**Tabla 12.** ¿Cuál es el nivel de satisfacción que obtuvo con las guías de laboratorios simuladas?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Muy insatisfecho	2	8.3	8.3	8.3
Insatisfecho	5	20.8	20.8	29.2
Satisfecho	15	62.5	62.5	91.7
Muy satisfecho	2	8.3	8.3	100.0
Total	24	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

Con respecto a las guías de laboratorio de simulación, pues solamente se realizó una guía que corresponde al elemento convertidor y procesador de variable de un sistema de medición. En esta práctica, el 62.5% de los estudiantes indicaron que están “Satisfecho” con el desempeño de la guía de laboratorio de simulación, de acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 12. En esta guía de laboratorio simulada la valoración positiva obtenida según los estudiantes es del 70.8%.

En base a los resultados anteriores, se puede afirmar que la mayoría de los estudiantes indicaron la “Satisfacción” del desempeño práctico de las tres guías de laboratorio desarrolladas en la asignatura de Sistemas de Medición.

### **b) Nivel de aprendizaje.**

El resultado del nivel de aprendizaje se muestra en el Grafico 15, presentando la siguiente escala de evaluación:

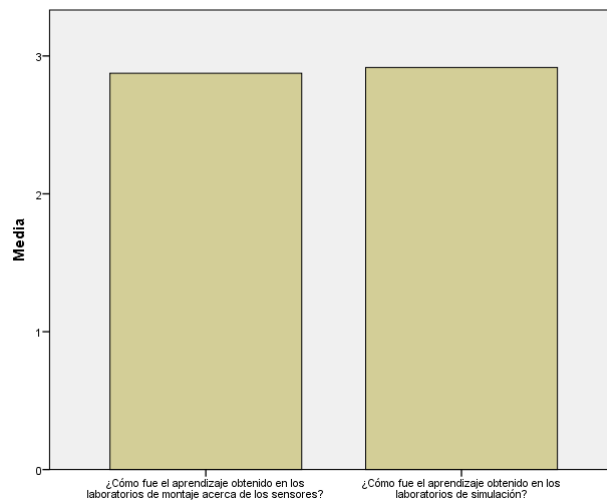
1 = Irrelevante

3 = Significativo

2 = Poco significativo

4 = Muy significativo

Con las guías de laboratorios desarrolladas en el grupo 4T2-Eo, los estudiantes indicaron que fue “Significativo” el aprendizaje adquirido en las prácticas de laboratorio. Esto indica que los estudiantes adquirieron el conocimiento esencial que determinan el funcionamiento del elemento sensor, los elementos convertidor y procesador de variable.



**Gráfico 15.** Resultados del nivel de aprendizaje.

Las tablas 13 y 14 muestran más claramente los resultados obtenidos del nivel de aprendizaje de los estudiantes en los laboratorios de montaje y de simulación.

**Tabla 13.** ¿Cómo fue el aprendizaje obtenido en los laboratorios de montaje acerca de los sensores?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Poco significativo	7	29.2	29.2	29.2
Significativo	13	54.2	54.2	83.3
Muy significativo	4	16.7	16.7	100.0
Total	24	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

En la tabla 13 está la cantidad porcentual de los estudiantes que destacan su nivel de aprendizaje obtenido por los laboratorios de montaje correspondiente a los sensores RTD y termocupla, donde el resultado refleja que el 54.2% de los estudiantes indicaron que obtuvieron un aprendizaje “Significativo” sobre el funcionamiento de estos dos sensores. La valoración positiva del aprendizaje obtenido en los laboratorio de sensores fue del 70.9%.

**Tabla 14.** ¿Cómo fue el aprendizaje obtenido en los laboratorios de simulación?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Irrelevante	2	8.3	8.3	8.3
Poco significativo	3	12.5	12.5	20.8
Significativo	14	58.3	58.3	79.2
Muy significativo	5	20.8	20.8	100.0
Total	24	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

Según los resultados de la tabla 14, el 58.3% de los estudiantes reflejaron que obtuvieron un aprendizaje “Significativo” con la guía de laboratorio de simulación, en el cual desarrollaron conocimientos sobre el puente de Wheastone y el amplificador de instrumentación como elemento convertidor de variable y procesador de variable respectivamente, aplicados esta vez a los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos. La valoración positiva en el aprendizaje obtenido en los laboratorios de simulación fue del 79.1%.

El resultado de las tablas anteriores reflejan que la mayoría de los estudiantes del grupo de obtuvieron un aprendizaje significado de las actividades establecidas en cada una las tres guías de laboratorio en donde adquirieron un nuevo conocimientos de los Sistemas de Medición.

### **c) Nivel de contenido teórico.**

A como se muestra la tabla 15, el 54.2% de los estudiantes señalaron “Oportuno” el contenido teórico para desarrollar las prácticas de laboratorios de Sistemas de Medición adquiriendo un nuevo conocimiento en la manipulación de sensores, con una valoración positiva del 79.2% de los estudiantes encuestados.



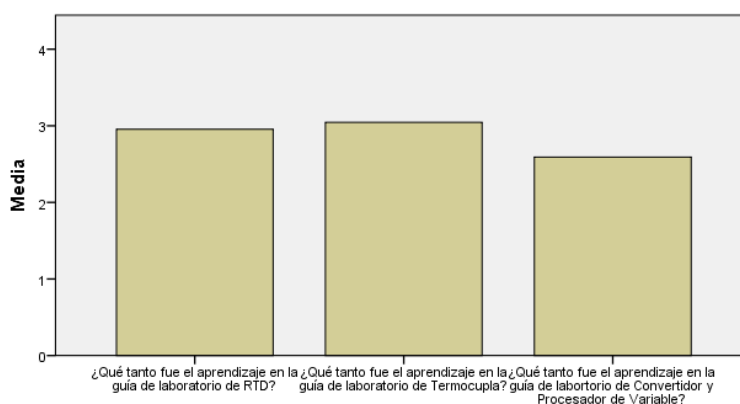
**Tabla 15.** ¿Cómo fue el contenido teórico de las guías de laboratorios?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Poco oportuno	5	20.8	20.8	20.8
	Oportuno	13	54.2	54.2	75.0
	Muy oportuno	6	25.0	25.0	100.0
	Total	24	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T2-Eo (2014).*

El alcance que tuvo el nivel de contenido teórico en el aprendizaje de los estudiantes por cada una de las guías de laboratorios desarrollados está evaluada por una escala designada como “Nada”, “Poca”, “Necesaria” y “Suficiente” indicada en un rango del 1 al 4 respectivamente en el diagrama de barras.

El resultado de la Gráfica 16 refleja que el aprendizaje obtenido con los contenidos teóricos implementado en cada una de las guía fueron “Necesario” para comprender los fundamentos de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

**Gráfico 16.** Resultado del nivel de contenido teórico.

De las tabla 16 a la 18 se muestran los valores porcentuales de los estudiantes que indicaron “Necesario” el contenido teórico en el aprendizaje adquiridos en los estudiantes por cada una de las guías desarrolladas.

**Tabla 16.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje en la guía de laboratorio de RTD?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Poco	5	20.8	20.8	20.8
	Necesario	16	66.7	66.7	87.5
	Suficiente	3	12.5	12.5	100.0
	Total	24	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

Según los estudiantes encuestados, el 66.7% afirman que adquirieron un aprendizaje “Necesario” de las características estáticas y dinámicas del sensor RTD mediante las actividades descritas en la guía de laboratorio, de acuerdo al valor mostrado en la tabla 16. El resultado ofrece una valoración positiva del 72.2%.

En la tabla 17, indica que también el 66.7% de los estudiantes afirman haber obtenido un aprendizaje “Necesario” de la guía de termocupla que les ayudó a comprender el funcionamiento del sensor ante la medición de una magnitud física, donde la valoración positiva para esta guía es del 83.4%.

**Tabla 17.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje en la guía de laboratorio de Termocupla?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Poco	4	16.7	16.7	16.7
	Necesario	16	66.7	66.7	83.3
	Suficiente	4	16.7	16.7	100.0
	Total	24	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

El aprendizaje obtenido con la práctica de laboratorio del elemento convertidor y procesador de variable estuvo bastante distribuida en todas las escalas de evaluación para esta sección (Nada, Poco, Necesario y Suficiente), de acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 18; sin embargo, los estudiantes indicaron que el aprendizaje obtenido en esta práctica fue “Necesario” es de un 45.5%, siendo la mayoría de los estudiantes y en donde se obtuvo una valoración positiva del 59.1% en la guía de laboratorio de convertidor y procesador de variable.

**Tabla 18.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje en la guía de laboratorio de Convertidor y Procesador de Variable?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nada	3	12.5	13.6	13.6
	Poco	6	25.0	27.3	40.9
	Necesario	10	41.7	45.5	86.4
	Suficiente	3	12.5	13.6	100.0
	Total	22	91.7	100.0	
Perdidos	Sistema	2	8.3		
Total		24	100.0		

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4T1-Eo (2014).*

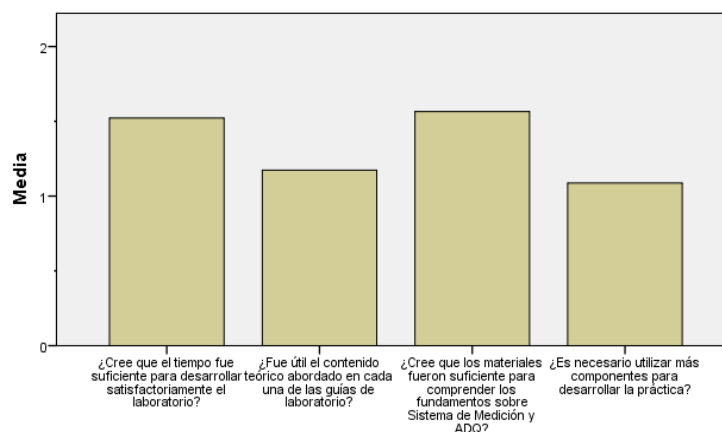
Los valores de las tablas anteriores demuestran la aceptación del contenido teórico por parte de los estudiantes del grupo 4T2-Eo. Aunque solamente el docente pudo desarrollar tres guías de laboratorios, los estudiantes señalaron que el contenido teórico fue oportuno para obtener el conocimiento necesario sobre el funcionamiento básico de los sensores y de los elementos convertidor y procesador de variable que forman parte de un Sistema de Medición y Adquisición de Datos.

#### **d) Limitaciones**

La respuesta a cada una de las limitaciones de este apartado están dadas por las opciones “Sí” y “No”, representadas en el Gráfico 17 por un 1 para “Sí” y un 2 para “No”.

Basándose en el gráfico 17, se observa que las limitaciones para este grupo no son tan relevantes, es decir, tanto el tiempo en que se desarrollaron los laboratorios como los materiales utilizados fueron los adecuados. Solamente señalan la necesidad de utilizar más componentes en las prácticas de laboratorios del curso de Sistemas de Medición.

Este resultado también confirma la utilidad del contenido teórico abordadas en cada guía de laboratorio para analizar el proceso que ocurre en el elemento sensor y los elementos convertidor y procesador de variables encontrados en un Sistema de Medición y Adquisición de Datos.



**Gráfico 17.** Resultados de las limitaciones.

La mayor limitante indicada por los estudiantes es que los materiales no fueron suficientes para comprender los fundamentos sobre Sistemas de Medición y Adquisición de Datos, por lo que es necesario utilizar más componentes para desarrollar las prácticas de laboratorio.

### **e) Sugerencias**

La importancia de conocer las sugerencias u opiniones de los estudiantes refleja la satisfacción que tuvieron los estudiantes y sus expectativas posteriores a las prácticas de laboratorios; de tal forma que dan un vistazo de las posibles mejoras que ellos mismo recomienda.

<b>Sugerencias</b>	
1	Acondicionar con más instrumentos el laboratorio para una mayor adquisición de conocimientos.
2	Hubo deficiencia a causa del cambio de docente. Perdimos mucho tiempo y los materiales impartidos no fueron congruentes.
3	- Una mejor bibliografía. - Información de sensores, utilización.
4	Es necesario brindar más tiempo a la práctica y explicar mejor.
5	Ninguna. Sólo más laboratorios prácticos.
6	Aumentar el número de laboratorio.
7	- Que sean más prácticos. - Que los profesores desarrollen bien la teoría para que las prácticas de laboratorios sean más profundas en contenidos.
8	Más horas de práctica.
9	Considero que las prácticas de laboratorios deberían ser más experimentales, no solo basado en estar midiendo temperatura o algo parecido.
10	- Mejores equipos. - Más equipos.
11	Proporcionar materiales necesarios.
12	En general bien. Mayor apoyo de parte del profesor.
13	Ir aumentando poco a poco la complejidad y el reto que estos significan.

### 4.3. Encuesta final aplicada a los estudiantes del grupo 4N1-Eo.

#### a) Nivel de desempeño práctico.

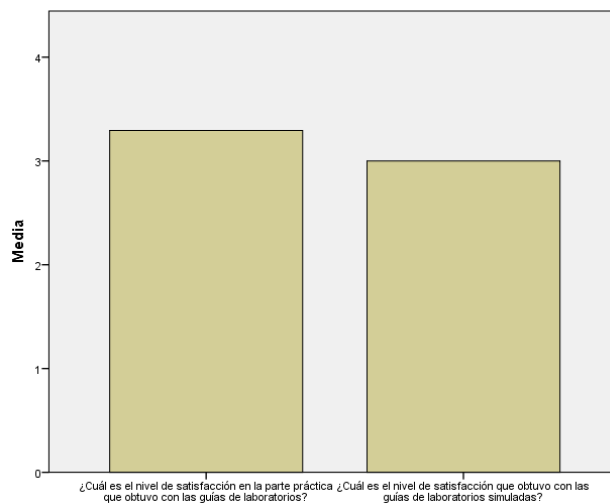
Para evaluar el nivel de desempeño práctico se utilizó la siguiente escala representada en el Gráfico 18:

1 = Muy insatisfecho

3 = Satisfecho

2 = Insatisfecho

4 = Muy satisfecho



**Gráfico 18.** Resultados del nivel de desempeño práctico.

El resultado del Gráfico 18 muestra que los estudiantes del grupo 4N1-Eo indicaron que están “Satisfecho” con el desarrollo de las guías de laboratorios. Cabe destacar que tanto al grupo 4T1-Eo como al 4N1-Eo estaban a cargo de un mismo docente, el cual se vio involucrado en la promoción del proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes, mediante el desarrollo de ambientes de aprendizaje al inicio y durante de cada práctica, tomando en cuenta sus conocimientos previos y a la temática que se abordaría en la práctica, contribuyendo a la preparación de los estudiantes ante los nuevos conocimientos se desarrollaron en las prácticas de laboratorios.

El nivel de desempeño práctico comprende las guías de laboratorios de montaje y de simulación, por lo que las tablas 19 y 20 presentan los resultados porcentuales

de la cantidad de estudiantes que indicaron el nivel de satisfacción en cada una de estas guías.

**Tabla 19.** ¿Cuál es el nivel de satisfacción en la parte práctica que obtuvo con las guías de laboratorios?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Insatisfecho	3	13.0	13.0	13.0
	Satisfecho	13	56.5	56.5	69.6
	Muy satisfecho	7	30.4	30.4	100.0
	Total	23	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4N1-Eo (2014).*

Según la tabla 19, el 56.5% de los estudiantes señalaron que están Satisfecho con el desempeño de las guías de laboratorios de montaje. A como se aprecia en la tabla, es la mayoría de los estudiantes que predominan ante esta afirmación. Por lo tanto, se obtuvo una valoración positiva del 86.9 % en el nivel de satisfacción en la parte práctica.

De acuerdo a la tabla 20, en las guías de laboratorios de simulación, el 76.5% de los estudiantes indicaron que están “Satisfecho” con el desarrollo de estas guías destinadas para las prácticas de laboratorios en la asignatura de Sistemas de Medición, obteniendo una valoración positiva de un 88.3 % en las prácticas de laboratorios simuladas.

**Tabla 20.** ¿Cuál es el nivel de satisfacción que obtuvo con las guías de laboratorios simuladas?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Insatisfecho	2	8.7	11.8	11.8
	Satisfecho	13	56.5	76.5	88.2
	Muy satisfecho	2	8.7	11.8	100.0
	Total	17	73.9	100.0	
Perdidos	Sistema	6	26.1		
Total		23	100.0		

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4N1-Eo (2014).*

Estos resultados confirman que la mayoría de los estudiantes del grupo 4N1-Eo están satisfechos con el desempeño práctico de las guías de laboratorios desarrollados en todo el curso de Sistemas de Medición.

**b) Nivel de aprendizaje.**

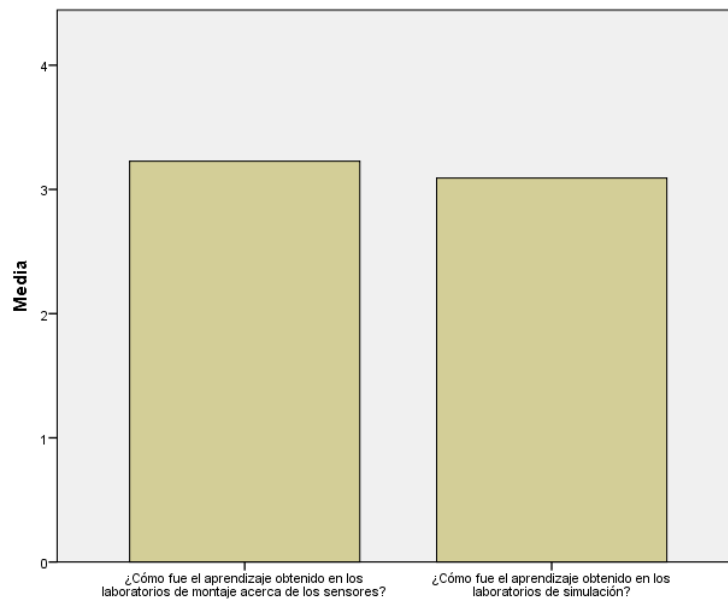
El nivel de aprendizaje está evaluada por la siguiente escala en el gráfico:

1 = Irrelevante

3 = Significativo

2 = Poco significativo

4 = Muy significativo



**Gráfico 19.** Resultados del nivel de aprendizaje.

El Gráfico 19 muestra que el aprendizaje obtenido por los estudiantes fue “Significativo”; indicando que comprendieron las distintas actividades destinadas a analizar el funcionamiento esencial de cada una de los elementos de un Sistema de Medición y Adquisición de Datos.

Para reflejar cuál fue la cantidad de estudiantes que obtuvieron un aprendizaje significativo con las guías de laboratorio de montaje y de simulación es mostrado en las tablas 21 y 22.

**Tabla 21.** ¿Cómo fue el aprendizaje obtenido en los laboratorios de montaje acerca de los sensores?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Poco significativo	1	4.3	4.5	4.5
	Significativo	15	65.2	68.2	72.7
	Muy significativo	6	26.1	27.3	100.0
	Total	22	95.7	100.0	
Perdidos	Sistema	1	4.3		
Total		23	100.0		

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4N1-Eo (2014).*

La cantidad de estudiantes indicando que obtuvieron un aprendizaje “Significativo” con las guías de montaje fue del 68.2%, según la tabla 21; lo que implica que estos estudiantes lograron asimilar el funcionamiento principal que ocurre en los sensores RTD y la Termocupla cuando son utilizados para la medición de una determinada magnitud física. En base a este resultado, se obtuvo una valoración positiva del 95.5% en el aprendizaje obtenido con las prácticas de sensores.

**Tabla 22.** ¿Cómo fue el aprendizaje obtenido en los laboratorios de simulación?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Poco significativo	3	13.0	13.0	13.0
	Significativo	16	69.6	69.6	82.6
	Muy significativo	4	17.4	17.4	100.0
	Total	23	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4N1-Eo (2014).*

Los resultados de la tabla 22 refleja que, en los laboratorios de simulación, el 69.6% de los estudiantes afirman que obtuvieron un aprendizaje “Significativo” con estos laboratorios que comprenden el análisis de los elementos convertidor y procesador de variable, la visualización de la magnitud de medición y el de LabVIEW, afianzando la comprensión esencial de cada uno de estos elementos cuando son parte de un Sistema de Medición y Adquisición de Datos, donde se obtuvo una valoración positiva del 87%.

Al igual que en el desempeño práctico de las guías, la mayoría de los estudiantes confirman que las guías de laboratorios les proporcionó un aprendizaje significativo para afianzar los conocimientos abordados en las sesiones de clases sobre la asignatura de Sistema de Medición.



Por lo tanto, se alcanzó una valoración positiva del 87 % en el aprendizaje obtenido con las prácticas de simulación.

### **c) Nivel de contenido teórico.**

De acuerdo al resultado mostrado en la tabla 23 se nota que la mayoría de los estudiantes indicaron “Oportuno” el contenido teórico abordado en cada una de las guías de laboratorios, donde la cantidad de estudiantes a favor de este nivel de evaluación fue del 86.4 %; obteniendo una valoración positiva del 95.5 % por todos los estudiantes.

**Tabla 23.** ¿Cómo fue el contenido teórico de las guías de laboratorios?

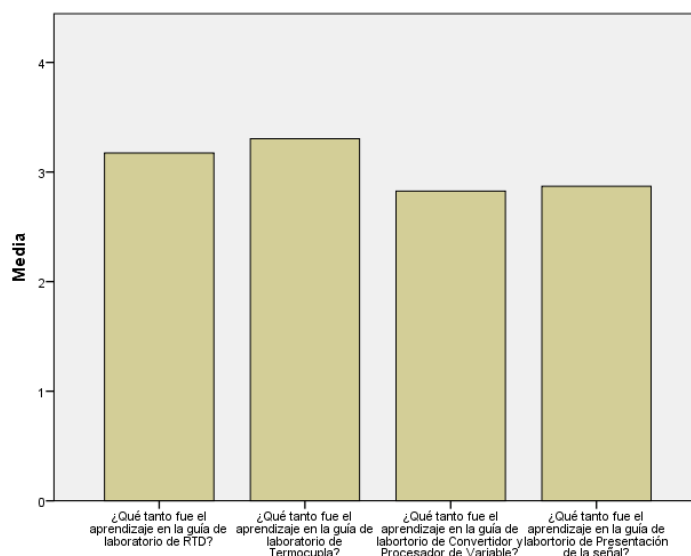
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Poco oportuno	1	4.3	4.5	4.5
	Oportuno	19	82.6	86.4	90.9
	Muy oportuno	2	8.7	9.1	100.0
	Total	22	95.7	100.0	
Perdidos	Sistema	1	4.3		
Total		23	100.0		

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4N1-Eo (2014).*

El alcance que tuvo el nivel de contenido teórico en el aprendizaje de los estudiantes por cada uno de los laboratorios desarrollados está evaluada por una escala designada como “Nada”, “Poca”, “Necesaria” y “Suficiente” indicada en un rango del 1 al 4 respectivamente en el diagrama de barras.

Según los resultados del Gráfico 20 los estudiantes indicaron que el contenido teórico abordado en cada una de las guías contribuyó a que los estudiantes obtuvieran el aprendizaje “Necesario” para comprender los fundamentos de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.

Con los resultados del nivel de contenido teórico, se puede decir que la selección de los contenidos fueron los adecuados para afianzar los conocimientos de los estudiantes del turno nocturno sobre los temas abordados en las sesiones de clases teóricas sobre los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.



**Gráfico 20.** Alcance del contenido teórico.

De la tabla 24 a la tabla 27 se muestra la cantidad porcentual de los resultados que se obtuvieron a partir de la valoración de los estudiantes sobre el nivel de contenido teórico abordados en cada una de las guías de laboratorios.

**Tabla 24.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje en la guía de laboratorio de RTD?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Poco	1	4.3	4.3	4.3
	Necesario	17	73.9	73.9	78.3
	Suficiente	5	21.7	21.7	100.0
	Total	23	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4N1-Eo (2014).*

De acuerdo al resultado de la tabla 24, en la guía de laboratorio de montaje sobre el sensor RTD, el 73.9% de los estudiantes indicaron que el aprendizaje adquirido en esta práctica fue “Necesario” para comprender el comportamiento del sensor ante la variación de la temperatura y sus características estáticas y dinámicas; de la cual se obtuvo una valoración positiva del 95.6 % de todos los estudiantes en esta guía de laboratorio.

**Tabla 25.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje en la guía de laboratorio de Termocupla?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Necesario	16	69.6	69.6	69.6
	Suficiente	7	30.4	30.4	100.0
	Total	23	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4N1-Eo (2014).*

Según la tabla 25, el 69.6% de los estudiantes indicaron que el aprendizaje obtenido en el desarrollo de la guía de laboratorio de montaje sobre la Termocupla fue “Necesario” para comprender los fundamentos de éste sensor ante la medición de una determina magnitud física; por lo que se obtuvo una valoración positiva del 100 % de todos los estudiantes.

La tabla 26 corresponde al resultado que se obtuvo sobre la guía de laboratorio que comprende al convertidor y procesador de variable, la misma es una práctica simulada donde los estudiantes analizaron su comportamiento y su aplicación en los Sistemas de Medición; por lo cual el resultado obtenido fue que el 55.5% obtuvieron un aprendizaje “Necesario” para comprender la etapa de acondicionamiento de la variable física; donde se obtuvo una valoración positiva del 69.5 %.

**Tabla 26.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje en la guía de labortorio de Convertidor y Procesador de Variable?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Poco	7	30.4	30.4	30.4
	Necesario	13	56.5	56.5	87.0
	Suficiente	3	13.0	13.0	100.0
	Total	23	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4N1-Eo (2014).*

El resultado del aprendizaje obtenido por los estudiantes respecto a la práctica de laboratorio de presentación de la señal es mostrada en la tabla 27, donde el 65.2% de los estudiantes afirmaron que el aprendizaje adquirido fue “Necesario” para comprender el proceso que se requiere al momento de visualizar la medición de una variable física en los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos, reflejando una valoración positiva del 79.2% de todos los estudiantes en esta guía de laboratorio.

**Tabla 27.** ¿Qué tanto fue el aprendizaje en la guía de laboratorio de Presentación de la señal?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nada	1	4.3	4.3	4.3
	Poco	4	17.4	17.4	21.7
	Necesario	15	65.2	65.2	87.0
	Suficiente	3	13.0	13.0	100.0
	Total	23	100.0	100.0	

*Fuente: Encuesta aplicada al grupo 4N1-Eo (2014).*

Los resultados de las tablas anteriores ofrecen la aceptación de los estudiantes con los contenidos teóricos que les ayudaron a comprender los procesos inmersos en los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos. Es necesario mencionar que la mayoría de los estudiantes del grupo 4N1-Eo tenía deficiencias en los conocimientos previos de Circuitos Eléctricos, Electrónica Analógica y Programación según las observaciones elaboradas en cada una de las prácticas de laboratorios.

Sin embargo, los conocimientos abordados en las sesiones teóricas les ayudaron para desarrollar las prácticas de laboratorios y comprender el principio de funcionamiento de los elementos que constituyen un Sistema de Medición y Adquisición de Datos.

#### **d) Limitaciones**

La respuesta a cada una de las limitaciones de este apartado están dadas por las opciones “Sí” y “No”, representadas en el gráfico 4 por un 1 para “Sí” y un 2 para “No”.

En el gráfico 21 están representados los resultados de las limitaciones que indicaron los estudiantes durante el desarrollo de las guías de laboratorios. Claramente se observa que la mayor limitación encontrada es el tiempo destinado para realizar las prácticas, esto era de esperarse debido a que el periodo de clases para la noche es más corto, de 80 minutos, a diferencia del turno diurno que es de 100 minutos.

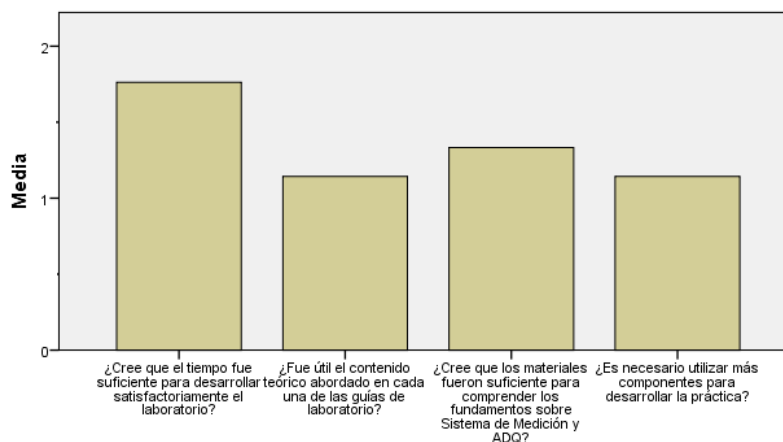
Al igual que para el grupo de la tarde, el docente tomó un pequeño tiempo para brindar una breve explicación de la práctica de laboratorio, desarrollando ambientes

de enseñanza-aprendizaje en base a los conocimientos previos de los estudiantes, lo que implica la reducción del tiempo para realizar la práctica de laboratorio.

Sin embargo, los estudiantes pudieron comprender los objetivos establecidos en cada una de las guías de laboratorios.

También destacaron los estudiantes que otra de las limitantes es la necesidad de utilizar más componentes para realizar otras prácticas de laboratorios en las que les permitan desarrollar habilidades prácticas en los Sistemas de Medición y Adquisición Datos.

Para los estudiantes del grupo 4N1-Eo señalaron que los materiales utilizados en las prácticas de montaje fueron apropiados para iniciar a comprender los fundamentos de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos, según lo que muestra el gráfico 21.



**Gráfico 21.** Resultado de las limitaciones.

Además, este resultado confirma que el contenido teórico abordado en las guías de laboratorios fue de utilidad y los adecuados para afianzar los conocimientos en la asignatura de Sistemas de Medición, indicando que no hubo algún tipo de limitación en relación al contenido teórico.

**e) Sugerencias.**

La importancia de conocer las sugerencias u opiniones de los estudiantes refleja la satisfacción que tuvieron los estudiantes y sus expectativas posteriores a las prácticas de laboratorios; de tal forma que dan un vistazo de las posibles mejoras que ellos mismos recomiendan.

<b>Sugerencias</b>	
1	-Mejorar la base teórica. - Si es posible más tiempo en los laboratorios.
2	Más tiempo, más recursos y prácticas.
3	Dentro de las recomendaciones diría que el tempo sea un poco mayor con revisiones del tutor.
4	La verdad que más tiempo a la hora de hacer el laboratorio, ya que el tiempo es muy corto como para abordar el contenido, ya que los temas presentados son de gran utilidad en el mundo laboral.
5	- Gráficas o imágenes más explícitas sobre el montaje de los componentes en la práctica de laboratorio. - Agregar diferentes ejercicios para poner en práctica el tema del laboratorio.
6	- Más tiempo para hacer laboratorios. - Más materiales en el laboratorio.
7	Previo abordaje de las mismas en las clases.
8	Para el turno nocturno, es oportuno maximizar el tiempo, facilitar la información necesaria a todo el grupo de una manera más personalizada ya sea folleto o digital, ya que por nuestro tiempo, casi no tenemos tiempo para estar revisando la herramienta online y en muchos casos no tenemos acceso y es ahí donde obtenemos la debilidad para la realización del laboratorio.
9	Mejorar el desarrollo de actividades previas para mejorar el estudio y la práctica de dichos laboratorios y la elaboración de guías más explícitas para su realización.
10	Pues sería bueno dar un poco más de tiempo para comprender y desarrollar por completo los laboratorios para que nosotros los estudiantes le entendamos por completo y adquiramos mejores conocimiento.
11	Para mí fue excelente el modo de enseñanza en los laboratorios y lo que yo recomendaría es solo el tiempo de entrega de los laboratorios debería de tener un poco más de plazo.

## CAPÍTULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1. Conclusiones

En la encuesta aplicada a los estudiantes de los grupos 4T1-Eo y 4N1-Eo se reflejó que poseían conocimientos básicos de las asignaturas de Circuitos Eléctricos I, Electrónica Analógica, Estadística Básica y Programación los cuales se tomaron en cuenta para el desarrollo y comprensión de las guías de laboratorios implementada en la asignatura de Sistema de Medición.

Se diseñaron cinco guías de laboratorios, de las cuales dos correspondían a montaje utilizando los sensores RTD y Termocupla, dos guías mediante el software de simulación Proteus abarcando la utilidad del puente de Wheastone, del amplificador de instrumentación y del PIC 16F877A y una guía utilizando el entorno de programación LabVIEW, identificando que el 84.5% de los estudiantes señalaron que los contenidos fueron oportunos para el desarrollo de los laboratorio de Sistemas de Medición.

Se aplicaron las guías de laboratorios en los grupos 4T1-Eo, 4T2-Eo y 4N1-Eo y resultó que la mayoría de los estudiantes participaron de forma activa al momento en que desarrollaban la práctica de laboratorio, sobre todo en aquellos estudiantes que se vieron involucrado en ambientes de enseñanza – aprendizaje promovido por docente correspondiente a los grupos 4T1-Eo y 4N1-Eo.

Se aplicó una encuesta al final del curso de Sistema de Medición a los grupos 4T1-Eo, 4T2-Eo y 4N1-Eo y resultó que el 88.8% de los estudiantes estuvieron satisfecho con las guías de laboratorio de montaje y de simulación, donde el aprendizaje obtenido por los estudiantes fue significativo para comprender los Sistemas de Medición.

## 2. Recomendaciones

- Es necesario que el laboratorio de Automatización y Control sea equipado con cautines para desarrollar efectivamente las prácticas de medición de temperatura.
- Para las prácticas de laboratorios de montaje se utilizaron termómetros digitales contando únicamente con tres unidades, por lo que es necesario suplir el laboratorio con más termómetros digitales.
- Los amplificadores operacionales son muy utilizados en electrónica, por lo que es primordial que el laboratorio de Automatización y Control cuente con este dispositivo, con la intención de que el laboratorio correspondiente al puente de Wheastone y del amplificador de instrumentación se pueda construir y desarrollar una práctica de laboratorio de montaje.
- Se recomienda que el laboratorio sea equipado con tarjetas de adquisición de datos (DAQ) con la intención de desarrollar prácticas de laboratorios que comprenda el proceso de adquisición de datos en los sistemas de medición.
- Las guías presentadas en este trabajo monográfico pueden mejorarse si se cuentan con los dispositivos necesarios mencionados anteriormente para el desarrollo de laboratorios de montaje que describan el proceso de los Sistemas de Medición y Adquisición de Datos.



## BIBLIOGRAFÍA

Barragán, A. (23 de Abril de 2008). *Apuntes sobre Instrumentación y Control Industrial*. Obtenido de Tutoría virtual de A. Javier Barragán Piña.: <http://uhu.es/antonio.barragan/content/apuntes-sobre-instrumentacion-y-control-industrial>

Belén, M., Alberto, C., Navarro, Y., & de Vries, W. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadístico utilizando SPSS*. Porto Alegre: EDIPUCRS.

Dávila, S. (2000). El aprendizaje significativo. *Contexto educativo.*, 9.

Fernández, D. (10 de Junio de 2014). *Los estilos de aprendizaje de David Kolb*. Obtenido de Educación 4.0 Web site.: <https://educacioncuatropuntocero.wordpress.com/2014/06/10/los-estilos-de-aprendizaje-de-david-kolb/>

García, E. (2008). *Compilador C CCS y simulador PROTEUS para microcontroladores PIC*. México: Alfaomega.

Garcimartín, Á. (2005). *Sistema de medida y adquisición de datos*. Pamplona.: Universidad de Navarra.

Gonzáles, J. (2005). *Instrumentación electrónica*. 1ra. Ed.

Instruments, N. (16 de Junio de 2014). *Áreas de aplicación: LabVIEW*. Obtenido de National Instruments Web site.: <http://www.ni.com/labview/applications/esa/>

Lajara, J., & Pelegrí, J. (2007.). *LabVIEW. Entorno gráfico de programación*. México.: Alfaomega grupo.

Luciano, S. (2008). *Medidas prácticas de temperatura*. Obtenido de Medidas prácticas de temperatura.: <http://lcr.uns.edu.ar/electronica/eya/2008/Medidas%20pr%C3%A1cticas%20de%20temperatura.pdf>.

Martín, Q., & Cabero, M. (2008). *Tratamiento estadístico de datos con SPSS*. Madrid: Thomson.

Monegal, M. (1999). *Introducción al SPSS: Manipulación de datos y estadística descriptiva*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.

Moreno, I. (2 de Septiembre de 2013). Apuntes de instrumentación electrónica. Burgos, Burgos, España: Universidad de Burgos.

Morris, A. (2001). *Measurement & instrumentation principles*. Oxford.: Butterworth-Heinemann.

Morris, A., & Langari, R. (2012). *Measurement and instrumentation. Theory and application*. San Diego, California: Academic Press.

Pallás, R. (1993). *Adquisición y distribución de señales*. Barcelona: Marcombo.

Pallás, R. (2003). *Sensores y acondicionares de señal*. Barcelona: Marcombo.

Park, J., & Mackay, S. (2003). *Data acquisition for instrumentation and control systems*. Oxford: Newnes.

Park, J., & Mackay, S. (2003). *Data acquisition for instrumentation and control systems*. Oxford: Newnes.

Rossano, V. (2013). Proteus VSM. *Manuales USERS*, 352.

Stamps, D. (2012). *Learn LabVIEW 2010/2011 fast*. Mission, Kansas: Schroff Development Corporation.

Stamps, D. (2012). *Learn LabVIEW 2010/2011 fast*. Mission, Kansas: Schroff Development Corporation.

# ANEXOS